

GESTÃO DO CONTROLO DE QUALIDADE COM BASE NA UTILIZAÇÃO DA TECNOLOGIA RFID

SARA CRISTINA PEREIRA BANCALEIRO

Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de
MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL — ESPECIALIZAÇÃO EM CONSTRUÇÕES

Orientador: Professor Doutor Rui Manuel Gonçalves Calejo Rodrigues

JULHO DE 2017

MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA CIVIL 2016/2017

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Tel. +351-22-508 1901

Fax +351-22-508 1446

✉ miec@fe.up.pt

Editado por

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Rua Dr. Roberto Frias

4200-465 PORTO

Portugal

Tel. +351-22-508 1400

Fax +351-22-508 1440

✉ feup@fe.up.pt

🌐 <http://www.fe.up.pt>

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição que seja mencionado o Autor e feita referência a *Mestrado Integrado em Engenharia Civil - 2016/2017 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2017*.

As opiniões e informações incluídas neste documento representam unicamente o ponto de vista do respetivo Autor, não podendo o Editor aceitar qualquer responsabilidade legal ou outra em relação a erros ou omissões que possam existir.

Este documento foi produzido a partir de versão eletrónica fornecida pelo respetivo Autor.

Aos meus Pais e à minha Mana

“O conhecimento é o único recurso significativo hoje em dia.”

Peter Drucker

AGRADECIMENTOS

Agradeço às seguintes pessoas por terem contribuído para a concretização deste trabalho:

Ao meu Orientador Professor Rui Calejo por todo o apoio, motivação e ideias para o desenvolvimento deste trabalho.

Ao Eng.º Rui Bessa, o autor do *software* SICCO, pela disponibilidade em ajudar com as questões no âmbito programa de natureza do Controlo da Qualidade.

À empresa Álvares Ribeiro, Lda. na pessoa dos Engenheiros João Álvares Ribeiro e Hugo Catalão por toda a compreensão e apoio que proporcionaram ao longo do período de realização desta dissertação.

Aos meus Pais e à minha Mana, pelo apoio incondicional que mostraram ao longo de todo o curso.

RESUMO

A gestão do controlo de Qualidade de uma obra é uma prestação de serviços de Engenharia, que consiste em conduzir de forma eficaz e esclarecedora a relação entre os intervenientes de uma empreitada. Esta interação, possibilita a resolução de todas as questões que vão aparecendo ao longo do desenvolvimento das fases de preparação e de execução de uma obra.

A equipa de gestão do controlo de Qualidade de obra são os responsáveis pela partilha de informação entre as equipas das várias especialidades de uma obra. Sempre que surjam questões por esclarecer sobre o projeto ou a sua execução, incompatibilidades ou omissões, o gestor de Qualidade regista-as e deve abordá-las nas reuniões semanais de obra e solicita os devidos esclarecimentos. Todos os assuntos discutidos em obra, incluindo dúvidas acerca do projeto e assuntos que se encontram pendentes de resolução, devem ficar registados em ata de obra. Após a equipa de gestão do controlo de Qualidade redigir a ata semanal da obra, onde define o prazo e o responsável por cada assunto discutido, partilha-a com todas as entidades intervenientes na obra. Com o decorrer da execução de obra, há momentos de controlo de Qualidade onde são detetados casos de inconformidades, devido ao facto do material ou componente de construção não corresponder ao especificado em projeto ou por existirem falhas na execução do trabalho previsto. Face a estas inconformidades, a equipa de gestão de Qualidade deve efetuar o registo fotográfico e enviar uma comunicação aos responsáveis pelo fornecimento de material ou execução dos trabalhos. A verificação da conformidade de todas as tarefas e materiais, exigem muito tempo de controlo e de registo da por parte da equipa de gestão de Qualidade.

A presente dissertação apresenta uma proposta em automatizar as informações úteis para o controlo da conformidade com base na utilização da tecnologia de identificação por radiofrequência - RFID. Esta tecnologia, permite que todas as equipas terem acesso às especificações atualizadas dos componentes ou materiais de construção em tempo real. Desta forma, cada equipa deve fazer a validação de cada característica e após cada validação fica registado quem e quando houve uma validação, pelo que se torna possível atribuir responsabilidades aquando de inconformidades.

Neste contexto, o produto deste trabalho consiste no desenvolvimento de uma proposta para implementar o sistema de controlo de Qualidade com recurso à tecnologia RFID num programa de natureza de controlo de Qualidade, tal como o SICCO.

PALAVRAS-CHAVE: Controlo de Qualidade, Gestão de Qualidade, Tecnologia RFID, *Software*, Controlo de Conformidade

ABSTRACT

The management of Quality control is a provision of engineering services, that conducts an effective and enlightening relationship between the parties of a contract. This interaction enables the resolution of all issues that appear during the development, preparation and execution of a project.

The role of Quality control within a project is to be responsible for the information sharing between teams from various specialties of a project. Where there are unresolved issues about the project or its implementation, inconsistencies or omissions, the Quality Manager will register them and address them in weekly meetings in order to request the necessary clarifications. All issues discussed, including questions about the project and issues which are pending resolution, should be recorded in the minutes taken at the meeting. The weekly minutes sets the deadline and responsibility for each subject discussed, sharing it with all entities involved in the work. During the execution of the work, there are moments of quality control where cases of non-conformities are detected, due to the fact that the building component that do not match the specified in the project or flaws in the implementation of planned work. Given these nonconformities, Quality management teams should take photographic records and send to responsible parties who are suppliers of materials or indeed effectiveness of materials. Verifying the compliance of all tasks and materials requires a lot of time for control and registration by the Quality Management team.

This work presents a proposal to automate the monitoring of compliance based on the use of radio frequency identification technology - RFID. This technology allows all teams to have access to updated specifications of the components or building materials in real time. Thus, each team must make the validation of each feature and after each validation is recorded, who and when there was a validation, which makes it possible to assign responsibility with non-conformities.

In this context, the product of this work is to develop a proposal to implement the quality control system using the RFID technology in a quality control program of nature, such as SICCO.

KEYWORDS: Quality Control, Quality Management, RFID Technology, Software, Compliance Control

ÍNDICE GERAL

AGRADECIMENTOS	i
RESUMO	iii
ABSTRACT	v
 1. INTRODUÇÃO	 1
1.1. ENQUADRAMENTO	1
1.2. PROBLEMÁTICA	2
1.3. MOTIVAÇÃO	2
1.4. ÂMBITO E OBJETIVO	3
1.5. MÉTODO CIENTÍFICO E ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	3
 2. SÍNTESE DO CONHECIMENTO	 5
2.1. ENQUADRAMENTO CONCEPTUAL	5
2.1.1. ENQUADRAMENTO HISTÓRICO DO CONCEITO DE QUALIDADE	5
2.1.2. CONCEITO DE QUALIDADE	6
2.1.3. QUALIDADE NA CONSTRUÇÃO	8
2.1.3.1. TIPOS DE CERTIFICAÇÕES	10
2.1.3.2. NORMAS NP EN ISO	10
2.1.3.3. MARCA DE QUALIDADE LNEC	14
2.1.4. CONTROLO DE QUALIDADE NO ÂMBITO DA FISCALIZAÇÃO	15
2.1.5. TOTAL QUALITY MANAGEMENT	17
2.1.5.1. ENQUADRAMENTO CONCEPTUAL	17
2.1.5.2. Ciclo PDCA	17
2.1.6. MATERIAL REQUIREMENTS PLANNING	19
2.1.7. SISTEMAS DE INFORMAÇÃO E TECNOLOGIAS DE INFORMAÇÃO	20
2.1.7.1. ENQUADRAMENTO HISTÓRICO	20
2.1.7.2. ANÁLISE SWOT	20
2.2. ESTADO DA ARTE	24

3. SISTEMAS DE IDENTIFICAÇÃO AUTOMÁTICA – RFID NO SETOR DA CONSTRUÇÃO	29
3.1. INTRODUÇÃO	29
3.2. SISTEMA DE IDENTIFICAÇÃO AUTOMÁTICO RFID	30
3.2.1. ELEMENTOS CONSTITUINTES DO SISTEMA RFID	30
3.2.2. TIPOLOGIA DE TAGS RFID	31
3.2.2.1. TAGS PASSIVAS	31
3.2.2.2. TAGS SEMI-PASSIVAS	32
3.2.2.3. TAGS ATIVAS	32
3.2.3. TIPOS DE FREQUÊNCIA DE RÁDIO PARA A COMUNICAÇÃO E PARTILHA DE INFORMAÇÃO	32
3.2.4. APLICAÇÃO DO SISTEMA DE TRANSMISSÃO DE INFORMAÇÃO COM BASE NA LEITURA DE RFID NA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO	33
3.3. COMPARAÇÃO DE SISTEMAS DE IDENTIFICAÇÃO AUTOMÁTICA	33
 4. Modelo Proposto	 37
4.1. INTRODUÇÃO	37
4.2. PLANO DE IMPLEMENTAÇÃO DO SISTEMA RFID NA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO – PROPOSTA DE MODELO	39
4.2.1. APLICAÇÃO DE TAGS RFID NOS MATERIAIS OU COMPONENTES DE CONSTRUÇÃO	43
4.2.2. TIPOLOGIA DE APLICAÇÃO DE TAGS RFID NOS MATERIAIS OU COMPONENTES DE CONSTRUÇÃO	45
4.2.3. TIPOLOGIA DE MATERIAIS OU COMPONENTES DE CONSTRUÇÃO ONDE SÃO APLICADAS AS TAGS RFID	46
4.3. FASES DE CONTROLO COM BASE NO MODELO PROPOSTO	47
 5. Implementação do Sistema RFID num Software de Gestão de Controlo de Qualidade	 55
5.1. INTRODUÇÃO	55
5.2. ANÁLISE DO SOFTWARE E PROPOSTA DE IMPLEMENTAÇÃO DO SISTEMA RFID	56
5.2.1. PAINEL INICIAL DO MENU “OBRAS”	56
5.2.1.1.” CONFIGURAÇÕES DE OBRA”	57
5.2.1.2.” PLANO DE TRABALHOS”	59
5.2.1.3.” PLANO DE CONFORMIDADE”	61
5.2.1.4.” ROTINAS DE INSPEÇÃO”	65

5.2.1.5." RESULTADOS"	70
5.2.2. ANÁLISE SWOT	70
5.2.2.1. FORÇAS	71
5.2.2.2. FRAQUEZAS.....	72
5.2.2.3. OPORTUNIDADES	72
5.2.2.4. AMEAÇAS	72
5.2.2.5. MATRIZ SWOT	73
 6. CONCLUSÃO	 75
6.1. CUMPRIMENTO DE OBJETIVOS	75
6.2. DESENVOLVIMENTO FUTUROS.....	76
 BIBLIOGRAFIA	 79

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig.1 – Normas ISO	10
Fig. 2 – Sistema de Gestão de Qualidade ISO 9001:2015	13
Fig. 3 – Relação entre os intervenientes na marca de Qualidade LNEC	15
Fig. 4 – Engenharia de Serviços	16
Fig. 5 – Sistema de Gestão de Qualidade baseado em processos	18
Fig. 6 – Ciclo PDCA	18
Fig. 7 – Estratégia para a implementação de um sistema	22
Fig. 8 – Número de artigos por temática	26
Fig. 9 – Autores das referências analisadas	26
Fig. 10 – Cronologia das referências bibliográficas	27
Fig. 11 – <i>Tag</i> RFID	30
Fig. 12 – Sistema Tecnológico RFID	31
Fig. 13 – Estrutura geral da Proposta de Modelo	39
Fig. 14 – Fluxograma do Sistema de informação	40
Fig. 15 – Modelo Proposto	44
Fig. 16 – Tipo de informação a colocar nas <i>tags</i> RFID	46
Fig. 17 – Tipo de aplicação de tags RFID e de materiais ou componentes de construção	48
Fig. 18 – Fase de Controlo em Fábrica	49
Fig. 19 – Fase de Controlo em Estaleiro	50
Fig. 20 – Fase de Controlo em Obra	51
Fig. 21 – Fase de Controlo de Qualidade	52
Fig. 22 – Fluxo de Informação	53
Fig. 23 – Página inicial do SICCO	56
Fig. 24 – Campos de registo de informação de uma obra - SICCO	57
Fig. 25 – " <i>Configurações de Obra</i> " - SICCO	58
Fig. 26 – Seleção do tipo de Controlo	59
Fig. 27 – " <i>Plano de Trabalhos</i> " - SICCO	60
Fig. 28 – " <i>Banco Geral de Fichas</i> " - SICCO	60
Fig. 29 – " <i>Banco de Fichas de Obra</i> " - SICCO	61
Fig. 30 – Introdução do Mapa de Tarefas e Quantidades no " <i>Plano de Trabalhos</i> "	62
Fig. 31 – " <i>Plano de Conformidade</i> " - SICCO	62

Fig. 32 – Conceção de Rotinas - SICCO	63
Fig. 33 – Modelo de informação disponível numa <i>tag</i>	63
Fig. 34 – Automatização da introdução de informações referentes aos Locais e Descrição	64
Fig. 35 – Atualização automática do estado da obra	64
Fig. 36 – Ativação da Rotina de Inspeção e preenchimento de fichas– SICCO	65
Fig. 37 – Ficha de controlo de conformidade - SICCO	65
Fig. 38 – Introdução automática da quantidade de um material, características e das observações ...	66
Fig. 39a) – Exemplo de Controlo de Conformidade Automatizado - Tarefa Conforme	67
Fig. 39b) – Exemplo de Controlo de Conformidade Automatizado - Tarefa Conforme com Condicionantes.....	68
Fig. 39c) – Exemplo de Controlo de Conformidade Automatizado - Tarefa Conforme com imperfeição.	68
Fig. 39d) – Exemplo de Controlo de Conformidade Automatizado – Não Conforme	69
Fig. 39e) – Exemplo de Controlo de Conformidade Automatizado - Pendentes	69
Fig. 40 – " <i>Resultados</i> " - SICCO	70
Fig. 41 – Análise SWOT	71
Fig. 42 – Matriz SWOT preenchida	73

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1 – Conceitos de Qualidade	7
Quadro 2 – Conceitos de Qualidade na Indústria da Construção	8
Quadro 3 Estudos realizados no âmbito de Sistemas e Tecnologias de Informação	21
Quadro 4 Comparação entre os tipos de tags	32
Quadro 5 Tipologias de tags	33
Quadro 6 Evolução cronológica da tecnologia RFID na Construção.....	34
Quadro 7 Comparação de sistemas de Identificação Automático	35

SÍMBOLOS, ACRÓNIMOS E ABREVIATURAS

AIDC – Identificação Automática e Captura de Dados

BIM – *Building Information Modeling*

CAD – *Computer Aided Design*

DTM – *Direct Tagged Material*

ISO – Organização Internacional de Normalização

ITM – *Indirect Tagged Material*

KPI – *Key Performance Indicator*

KTM – *Packagins-Tagged Material*

LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia Civil

MQ/LNEC – Marca de Qualidade LNEC

MRP – *Material Requirements Planning*

MTM – *Multi-Tagged Material*

NACG - *North American Construction Group*

PGGQ – Plano Geral de Garantia da Qualidade

PRONIC – Protocolo para a Normalização da Informação Técnica na Construção

PTM – *Pallet-Tagged Material*

RFID – Identificação por Radiofrequência

SICCO – Sistema Integrado de Controlo da Conformidade em Obra

SPC – *Statistical Process Contro*

STM – *Single-Tagged Material*

TQM – *Total Quality Management*

VTM – *Vehicle-Tagged Material*

1

INTRODUÇÃO

1.1. ENQUADRAMENTO

Nas últimas décadas, tem ocorrido um desenvolvimento tecnológico a nível global das várias indústrias que permite automatizar os processos, também oferece uma garantia de Qualidade dos serviços e cumpre de forma eficaz os planeamentos previstos. Atualmente, o fator tecnológico é essencial para a evolução do mercado. Todavia, tal não tem acontecido de forma tão direta no sector da construção, devido à resistência à mudança que este sector apresenta. Assim, ainda existe uma deficiência na otimização dos processos, na partilha de informação e no aproveitamento dos recursos.

Ao longo do tempo, têm sido introduzidos no mercado alguns sistemas informáticos, nomeadamente o CAD que já está enraizado no quotidiano do sector da Construção. Ainda em adaptação em Portugal, existe o *software* BIM, associado à ferramenta CAD, que pretende otimizar o processo do projeto, melhorar o fluxo de informação entre os vários intervenientes do projeto. Em 2004 surge em Portugal o PRONIC que permite fazer a gestão da empreitada e de custos da execução de um projeto. Em 2016, foi desenvolvida a aplicação SICCO, embora ainda não esteja a ser comercializada, é uma ferramenta útil no âmbito da gestão da Qualidade que permite a criação de fichas de controlo de conformidade, planeamento, gestão e tratamento das inconformidades da execução da obra e partilha de informação em tempo real.

Devido à complexidade deste sector, em que não existe um padrão na execução de uma obra e há uma forma tradicional na sua realização, torna a adaptação aos sistemas informáticos um processo lento. Comparando o sector da construção com a generalidade dos sectores industriais, na construção o controlo de Qualidade e a partilha de informação não é feita de forma imediata, sendo um processo onde o registo ainda é, em grande parte dos casos, feito em formato papel. Naturalmente, desta forma existe um maior risco de perda ou dispersão de informação entre os vários intervenientes de uma obra.

O sector da construção tem um grande impacto a nível económico, assim as responsabilidades de cada interveniente da obra têm que ficar bem definidas e registadas desde o início do processo. Com a expansão tecnológica que presenciamos atualmente, torna-se evidente a necessidade de informatizar o processo construtivo para haver um Controlo mais detalhado. Desta forma, melhora-se o desempenho do sector construtivo, identificam-se os erros com maior facilidade o que tornando mais rápida a sua resolução.

A implementação da tecnologia RFID no sector da construção, possibilita o armazenamento eletrónico dos dados da sua localização e o estado dos equipamentos ou materiais que estão a ser utilizados durante a fase de execução da obra. Assim, de forma remota a equipa de Gestão de Qualidade o pode verificar quais os materiais que estão a ser aplicados e a respetiva localização, em termos geográficos.

1.2. PROBLEMÁTICA

No sector da construção nacional, ainda existe o hábito de efetuar todos os registos em suporte físico, o que torna mais demorada a sua atualização e consequente partilha de informação, para além dos custos associados.

Além do atraso da partilha de informação, o suporte físico dos registos de uma obra pode não conter a informação atualizada ou este documento pode mesmo extraviar-se, uma vez que só serão gravados aquando do registo em suporte informático, que normalmente é efetuado em escritório. Por outro lado, o registo eletrónico armazena toda a informação sobre os ativos que estão a ser usados durante a construção, de modo a que os fornecedores (em fábrica) ou os empreiteiros (em obra), possam ter acesso permanente acerca dos atributos associados a um material ou componente de construção. Este acesso permanente à informação, permite que haja um controlo de obra mais rigoroso por parte do fornecedor, empreiteiro e Gestor de Qualidade.

Para efeitos de controlo de Qualidade, é também necessário que os materiais cumpram os requisitos ao nível de projeto, previsão de custos e garantias. Deve ser associado aos ativos, aplicados numa obra, um registo das suas características físicas e mecânicas, a especificação de aplicação estabelecida no caderno de encargos, a quantidade a ser entregue no local de intervenção e o respetivo custo.

Atualmente, no setor da construção face às outras indústrias, como a indústria automóvel, existe uma falta de automatização da partilha de informação essencial para o aumento da eficiência do controlo de Qualidade. Geralmente, este controlo é apenas efetuado pela equipa de gestão de Qualidade, em momentos aleatórios ao longo da execução de uma obra. Através da tecnologia RFID, é possível introduzir toda a informação necessária associada a um ativo, automatizando todo o processo de registo e partilha de informação, qualquer interveniente pode ter acesso e validar a respetiva informação.

Com este sistema é possível efetuar o controlo dos materiais desde a receção em obra até à sua fase de manutenção. Com o avançar do processo da construção pode-se acrescentar qualquer informação às *tags* RFID associadas a um dado material. Após a fase de execução, as *tags* RFID permanecem no local e, desta forma, possibilita futuras leituras sempre que necessárias; permitindo assim, a partilha de informação para a fase de manutenção do empreendimento, verificação de garantias e consequentemente um eficiente controlo de Qualidade.

1.3. MOTIVAÇÃO

Com a implementação da tecnologia RFID na construção é possível automatizar a informação, o controlo de conformidade acontece com maior regularidade e é feito por equipas distintas inseridas numa obra. Para além de haver mais momentos de controlos, há um registo de quando e quem validou os dados inseridos na *tag* aplicadas num ativo, mais facilmente são detetados erros e omissões, o que proporciona a consequente resolução e atribuição de responsabilidades pelo que há um aumento na eficiência da Gestão do Controlo de Qualidade em obra. A tecnologia do RFID já é aplicada em países como o Canadá. A NACG (*North American Construction Group*) utilizou este dispositivo para a localizar os equipamentos utilizados pela equipa do empreiteiro. No âmbito da gestão de Qualidade, estes dispositivos promovem um método de controlo de projeto com o desenvolvimento da construção. Permitem localizar os materiais, verificar onde foram localizados e receber notificações caso o material não tenha sido aplicado no momento em que foi planeado ou caso o material tenha sido aplicado no local não previsto.

A construção civil é uma indústria que envolve diversos intervenientes, em que cada equipa integra várias pessoas, utiliza vários materiais ou componentes de construção. Qualquer medida que se possa tomar para benefício da gestão do controlo de Qualidade tem um efeito significativo na rentabilidade,

eficiência e imagem da empresa de construção. As tecnologias de informação e das comunicações contribuem para melhorar a rentabilidade da obra. O sistema RFID surgiu para melhorar a capacidade que as empresas têm para manter o controle dos equipamentos e materiais de construção, para registar e controlar as atividades em obra, para melhorar a gestão do Controlo do fornecimento dos materiais em estaleiro e para auxiliar na promoção da melhoria da segurança em obra. Esta dissertação foca-se essencialmente na gestão do controlo da Qualidade ao nível dos ativos aplicados em obra.

1.4. ÂMBITO E OBJETIVO

Coligando o conhecimento fiscalização adquirido no Mestrado Integrado de Engenharia Civil e o especial interesse por esta área da autora, pretende-se avaliar a possibilidade de implementar a tecnologia RFID no controlo de Qualidade no sector da construção.

Tradicionalmente, o controlo de Qualidade em obra é feito de forma não computadorizada e gastam-se muitos recursos (tempo, papel, documentos, etc.). Estando esta informação disponível, aquando do controlo e em papel, limita algumas vantagens de facultar a informação de forma imediata, o acesso permanente por parte dos trabalhadores e consulta da informação atualizada em tempo real.

O principal objetivo desta tese prende-se em criar uma proposta para automatizar o controlo dos ativos em obra e associa-la a um *software* de natureza de controlo de Qualidade. Para tal, é necessário realizar um estudo acerca a funcionalidade da tecnologia do RFID, conferindo-lhe a sua aplicabilidade no controlo de conformidade pelas diferentes equipas integrantes de uma obra. Esta automatização da informação necessária para o controlo de Qualidade nas várias fases da obra, em que estejam registados dados como os atributos dos ativos, os momentos em que foi efetuada uma leitura e respetiva validação das características e ao mesmo tempo fica registado quem efetuou o respetivo controlo. Desta forma, é possível reduzir os possíveis erros que possam ocorrer e resolvê-las em tempo útil. Para esta automatização acontecer, é necessário estar associada a um *software* de controlo de Qualidade, para efetuar a correspondência automática entre a informação que consta numa *tag* e a que está contida no programa.

1.5. MÉTODO CIENTÍFICO E ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

O método científico adotado para o desenvolvimento da presente dissertação, baseia-se num estudo bibliográfico no âmbito da gestão do controlo de Qualidade em obras, na aplicabilidade de componentes eletrónicas no controlo de Qualidade na indústria da construção e noutras. Numa fase posterior, pretende-se perceber em que medida o sistema RFID pode vir a ser útil no controlo de conformidade dos componentes aplicados em obra e apresentar uma proposta de implementação deste sistema na gestão do controlo de Qualidade.

Esta dissertação está dividida por seis capítulos, devido à necessidade de organização do trabalho de investigação científica no âmbito do controlo de conformidade e tecnologia RFID, de modo a permitir uma fácil consulta.

O primeiro capítulo, 1 – Introdução, prende-se no enquadramento do conceito teórico desta tese. Consiste, também, numa breve descrição da problemática no âmbito da automatização da informação no controlo de conformidade. Explica ainda, qual o principal objetivo desta dissertação face ao panorama atual na prática laboral.

No segundo capítulo, Síntese do Conhecimento, pende-se sobre os conceitos básicos que serviram de base para fundamentar a elaboração desta dissertação. Estes conceitos já terão sido abordados em outras

teses de mestrado já realizadas, artigos científicos que se enquadram na problemática do presente trabalho.

O terceiro capítulo, RFID, faz uma breve descrição das características físicas deste sistema e da sua capacidade de comunicação e em que medida é possível implementá-lo na indústria da construção. Este capítulo foi elaborado de forma similar ao capítulo dois, com base em outras dissertações e artigos científicos.

Após o enquadramento geral da temática e fundamentação teórica, o capítulo 4 – Modelo proposto, apresenta um modelo teórico da implementação do controlo de conformidade durante a fase de execução e obra com recurso à tecnologia RFID.

No capítulo 5, analisa o *software* SICCO e com base neste programa contém a descrição da possível implementação da proposta descrita no capítulo anterior. Finaliza-se com uma análise SWOT desta ferramenta, iniciando a temática dos desenvolvimentos futuros.

Finalmente, o capítulo 6 são apresentadas algumas conclusões obtidas no desenvolvimento deste trabalho e destaque ao real valor do recurso aos meios tecnológicos no ponto de vista do controlo de Qualidade e eficiência na construção e no controlo de conformidade. São apresentados também, os desenvolvimentos futuros sobre temáticas servem de continuidade à proposta, embora não tenham sido aprofundados neste trabalho.

2

SÍNTESE DO CONHECIMENTO

2.1. ENQUADRAMENTO CONCEPTUAL

Esta dissertação irá abordar os conceitos de Qualidade e Controlo de Qualidade no setor da construção. Para cumprir os requisitos do dono de obra e/ou utilizador, as empresas de construção devem ter o interesse no que constitui padrões de Qualidade na indústria e como estes poderão ser mantidos, melhorados e assegurados. No presente capítulo estabelece as definições de Qualidade dada por diversos autores ao longo dos anos.

2.1.1. ENQUADRAMENTO HISTÓRICO DO CONCEITO DE QUALIDADE

O conceito de Qualidade teve várias interpretações ao longo das épocas. Na Antiguidade, estava relacionado com o tipo de serviço que se prestava e o produto que se vendia. Com a origem da Revolução Industrial, surgiu a necessidade de controlar todos os processos de produção. Contudo, foi durante a Segunda Guerra Mundial que o Controlo de Qualidade começou a ter um maior destaque.

No início do século XX, Walter Andrew Shewart definiu o conceito de Qualidade podia ser aplicado de várias formas. Shewart realizou vários estudos sobre Qualidade nas mais diversas indústrias e considerou que a razão pelo facto deste conceito ter várias definições seria “apenas mostrar que, em qualquer caso, a medida de Qualidade é uma quantidade que pode assumir diferentes valores numéricos”. Desta forma, desenvolveu um sistema para medir variáveis na produção. Estabeleceu também a metodologia PDCA, *Plan-Do-Check-Act*.

Na década de 50, Edwards Deming, com base no método de SPC (*Statistical process control*), em português, CEP (Controlo Estatístico de Processo), desenvolvido por Shewart, que consiste numa ferramenta de Controlo de Qualidade nos processos produtivos para monitorizar, prevenir e detetar, em tempo útil, as anomalias existentes e o aperfeiçoamento contínuo do processo, direcionou-o para o ramo da engenharia.

Desde então, com o intuito de garantir a Qualidade na prestação de serviços, grande parte das empresas a nível mundial tendem a implementar os modelos de Gestão de Qualidade, para cumprir com as exigências dos clientes.

2.1.2. CONCEITO DE QUALIDADE

Ao longo dos anos têm sido publicadas inúmeras referências bibliográficas a abordar esta temática. Grande parte dos estudos têm demonstrado as dificuldades encontradas na compreensão e interpretação na indústria da construção.

Para Ferry, “*É difícil estabelecer uma definição de Qualidade e existe a questão quanto à possibilidade de ser possível medir a Qualidade, embora seja possível medir alguns de seus atributos. Pode até ser possível chegar a algum tipo de índice ponderado, avaliando alguns fatores e medindo outros, mas isso conteria tantas subjetividades, tanto na avaliação quanto na ponderação, a sua utilidade poderia ser questionada*”. [7]

Low também encarou a dificuldade em definir de forma específica o conceito de Qualidade, concluindo que havia “*a necessidade de promover padrões de Qualidade para o projeto e construção através de comissões e manutenção dando origem à necessidade da garantia de Qualidade na indústria*” [7]. Ao introduzir este novo conceito de Garantia de Qualidade, defini-o como “*todas as ações necessárias planeadas e sistemáticas para que possam proporcionar uma confiança adequada de que um produto ou serviço irá satisfazer determinados requisitos de Qualidade*”. [7]

Arditi e Gunaydin, em 1997, definiram Qualidade como “*cumprimento dos requisitos legais, estéticos e funcionais de um projeto*” [8]. A complexidade dos requisitos depende das exigências do Dono de Obra. Neste âmbito, a Qualidade é obtida se os requisitos estabelecidos forem adequados e se o projeto estiver em conformidade com as normas. No ponto de vista legal, a Qualidade é definida de acordo com os termos de responsabilidade profissional, implica assim todos os profissionais da construção civil conhecerem as boas práticas de execução dos trabalhos.

De acordo a ASCE (*American Society of Civil Engineers*) a Qualidade pode ser caracterizada por:

- “*Satisfazer os requisitos do cliente, cumprimento dos prazos e do orçamento, custos do ciclo de vida, manutenção*”
- “*Satisfazer os requisitos do projeto para fornecer um âmbito bem definido de trabalho, orçamento para formar um orçamento para contratar uma equipa qualificada, formada e experiente, orçamento adequado para obter informação acerca do local de construção, disponibilidade entre o dono de obra e o projetista para tomarem decisões de forma atempada e realização de contrato para execução dos trabalhos necessários a um custo e a um prazo adequados*”
- “*Satisfazer os requisitos do empreiteiro relativamente ao plano de trabalhos contratuais, especificações e outros documentos detalhados para permitir ao empreiteiro preparar uma proposta com preços competitivos; decisões atempadas pelo Dono de Obra e pelo projetista para executarem alterações ao projeto*”
- “*Cumprimentos dos requisitos das entidades reguladoras quanto à Higiene e Segurança no Trabalho, considerações ambientais, proteção do património público e conformidades com as normas regulamentos aplicáveis.*” [8]

Ao longo dos anos, têm sido inseridos conceitos que vão constituindo a definição de Qualidade nas mais diversas áreas laborais. Existem normas que estabelecem parâmetros para que seja os requisitos de Qualidade sejam cumpridos na ótica das mais diversas áreas de execução. O Quadro 1, sintetiza o conceito de Qualidade estabelecido por alguns autores ao longo dos anos. Para estas definições, analisou-se apenas a bibliografia a partir da década de 90. [8-11]

Quadro 1 Conceitos de Qualidade

Conceitos de Qualidade	1997	Arditi, David Gunaydin, H. Murat	Definem Qualidade como "o cumprimento dos requisitos legais, estéticos e funcionais de um projeto." e "Entender como se aproxima a conformidade do projeto com os requisitos, um projeto de alta Qualidade pode ser descrito por alguns termos como facilidade na compreensão dos desenhos, nível de conflitos nos desenhos e as respectivas especificações, economia da construção, facilidade na execução e manutenção e eficiência energética."
	2003	Eng, Q. E. Yusof, S. M.	"Uma filosofia e um conjunto de princípios orientador que representam a melhoria contínua de uma organização."
	2006	Jung, J. Y. Wang, Y. H.	"Defendem que é da competência do Gerente garantir o cumprimento dos requisitos estabelecidos num projeto perante o aumento da concorrência e da evolução do mercado."
	2013	Wanberg, J. Harper, C. Hallowell, M. R. Rajendran, S.	Os seus estudos revelam que "o sucesso de um projeto depende da sua Qualidade como um conceito-chave" e este conceito "pode ser quantificada por dimensões de qualidade que incluem: níveis de qualidade, confiança e de segurança, desempenho da qualidade, durabilidade e utilização"

Com estas definições pode-se concluir de que para cumprir os requisitos de Qualidade é necessário haver um controle específico. Para que este controle esteja orientado para atingir os objetivos propostos deve-se implementar um programa de Garantia de Qualidade, diminuindo as possibilidades de alterações, erros e omissões de um processo e, conseqüentemente, há uma redução de conflitos. Durante a fase de projeto, este controle faz parte das competências, maioritariamente, dos engenheiros e arquitetos. Na fase de execução de obra, têm uma função de supervisão, tecnicamente denominado por Fiscalização,

garantindo de que o investimento feito pelo Dono de Obra é recompensado em Qualidade. Ultimamente, o Dono de Obra tem demonstrado uma maior preocupação com o custo e prazo da obra, competências quer eram da equipa de projetistas, mas não têm cumprido de forma eficaz e satisfatória com esse controle, na perspetiva do investidor. Para que se cumpra os requisitos impostos pelo Dono de Obra, atingindo assim níveis de Qualidade satisfatórios, os engenheiros e arquitetos devem de trabalhar em equipa, distribuindo as atividades a executar aos intervenientes da obra e responsabilizando-os pelas mesmas. À medida que a concorrência aumenta é lógico que ocorrem mudanças no mercado para se adaptarem ao mercado e tornarem-se cada vez mais competitivos; para tal, as empresas optam pela Gestão de Qualidade como uma estratégia para permanecerem no mercado.

2.1.3. QUALIDADE NA CONSTRUÇÃO

No capítulo anterior estabeleceu-se algumas definições para o conceito de Qualidade para a generalidade das áreas funcionais. Este capítulo pretende efetuar uma abordagem do conceito de Qualidade especificamente para o ramo de construção civil e indicar as normas que existem para que se faça cumprir os respetivos requisitos.

O Quadro 2 indica a definição e as conclusões que alguns autores atribuíram para o conceito de Qualidade na Construção.[8, 10, 12-14]

Quadro 2 Conceitos de Qualidade na Indústria da Construção

Conceitos de Qualidade na Construção	1995	Rwelamila, P. D.Wiseman, G. T.	<i>"A Qualidade no sector da Construção pode ser definida como sendo o cumprimento de requisitos do projetista, empreiteiro e equipa de Fiscalização bem como do Dono de Obra."</i>
	1997	Arditi, David Gunaydin, H. Murat	
	2006	Turk, A. M.	
	2012	Saeed, Nashwan Mohammed Noman Hasan, Awad Sad	
	2013	Lianying Zhang Weijie Fan	<i>"As interações e as relações entre os principais intervenientes(tais como, promotor, arquiteto e empreiteiro) determinam o desempenho geral do projeto. Todos os intervenientes dependem entre si. O desempenho individual de cada interveniente é de grande importância, pois afeta diretamente o desempenho de toda a equipa"</i>
	2014	Aichouni, M., Messaoudene, N.A., Al-Ghonamy, A. Touahmia, M.	<i>"Num projeto de construção, a Gestão da Qualidade tem sido aplicada em grande parte das empresas, a nível mundial, para garantirem o cumprimento dos prazos de entrega."</i>

Tendo em conta as 3 definições estabelecidas no Quadro 2, o conceito de Qualidade na Construção pode ser caracterizado com base no cumprimento dos requisitos impostos pelos vários intervenientes:

- Promotor de Obra – A nível da funcionalidade do empreendimento a construir, do orçamento da obra e custos da manutenção ao longo da sua vida útil; dos requisitos do projetista:
 - Projetista – Âmbito do projeto bem definido, pode exigir pessoal qualificado, obtenção da informação antes necessária ao projeto antes da sua execução, fornecer informações para que o Dono de Obra possa tomar decisões com o apoio do projetista e contratação de empreiteiro.
 - Empreiteiro – Plano de trabalhos contratuais, especificações, tomar decisões em situações oportunas e contrato de trabalho
 - Entidades reguladoras – Podem ser ao nível da Segurança e Saúde no Trabalho, Considerações ambientais, Proteção de propriedade pública e cumprimento de leis e regulamentos.

Para além desta distinção de requisitos entre as entidades envolvidas numa obra, deve-se também distinguir a Qualidade do produto final da Qualidade do Processo num projeto. Entenda-se processo como as atividades que fazem com que o produto obtenha, ou não, um resultado satisfatório. Na Construção Civil, a Qualidade de um produto pode estar relacionado com a qualidade dos materiais que são aplicados, com a eficácia dos equipamentos e a tecnologia de construção com que se executa uma determinada atividade. Por sua vez, a Qualidade do processo pode estar relacionado com a obtenção de qualidade na forma de como o projeto é gerido nas três principais fases de construção – Planeamento e Projeto de Execução, Execução de Obra e Manutenção.

Uma eficaz Gestão de Projeto é um elemento chave para alcançar a Qualidade na Construção, isto é, o sucesso da Gestão da Qualidade depende das boas práticas de Gestão. Essas práticas consistem na motivação do Diretor de Obra, do compromisso do Gestor de Qualidade em efetuar um controle de modo a que se cumpra todas as exigências e a implementação da melhoria contínua das atividades fazendo-se cumprir os objetivos estratégicos que influenciam a organização da obra através de níveis de Qualidade. Na perspetiva do Empreiteiro, para atingir os parâmetros de Qualidade, necessitam, por exemplo, de definir objetivos diários criando um ritmo de execução de obra através da coordenação dos trabalhadores.

Hoje em dia, as empresas apresentam algumas dificuldades em colocar em prática os conceitos de qualidade referidos, porque há empresas que recorrem à subcontratação. Este tipo de contrato laboral interfere no ritmo de uma obra devido à possibilidade de os trabalhadores se deslocarem entre obras de forma constante e consequente.

A Construção Civil é um ramo em que não ocorrem duas situações semelhantes, ou seja, existem diferenças em, praticamente, todos os projetos de construção e cada projeto é resultado de diferentes exigências, que dependem dos requisitos do Dono de Obra. Pelo que os projetos são avaliados de forma subjetiva, pois os intervenientes (Dono de Obra, Projetista, Empreiteiro, Trabalhadores subcontratados, fornecedores, etc.) variam consoante o projeto. Para além disso, cada local de obra apresenta diferentes condições climáticas e a nível de implantação da obra. O ciclo de vida de um empreendimento é superior ao ciclo de vida de produtos resultantes de outras indústrias e não há um produto padronizado para a avaliação da Qualidade geral da Construção.

Atualmente a Qualidade na Construção rege-se pelas normas de Qualidade série ISO (incluindo ISO 9001:2015) que definem este conceito como a “*capacidade de um conjunto de características de um*

produto, sistema ou processo, satisfazerem os requisitos dos clientes assim como as outras partes envolvidas no processo produtivo.” [5]

2.1.3.1. TIPOS DE CERTIFICAÇÕES

O reconhecimento da Qualidade dos produtos ou prestação de serviços de uma entidade exige a atribuição de uma certificação. O Sistema de Certificação previsto pela ISO (Organização Internacional de Normalização) engloba os seguintes certificados:

- Certificação de empresas, no âmbito da aplicação de Sistemas de Qualidade, de gestão ambiental e de gestão de segurança)
- Certificação de produtos, integra a MQ/LNEC e as obras de construção são consideradas como sendo os produtos objeto desta certificação.
- Certificação de serviços e certificação de pessoas.

Apesar do progresso gradual, o sector da construção encontra-se ainda um pouco atrasado, em relação a outras indústrias, na aplicação de procedimentos e métodos de Controlo e Garantia da Qualidade. Este atraso deve-se à resistência que o sector demonstra face à adoção de tecnologias mais recentes, deve-se também de ser um sector que ainda aplica metodologias tradicionais associado ao facto de recorrer a mão-de-obra pouco qualificada, à aplicação de especificações complexas e às responsabilidades dispersas e mal definidas dos intervenientes.

2.1.3.2. NORMAS NP EN ISO

Como se pode verificar na Figura 1, existem 7 tipos de normas ISO que especificam requisitos nas mais diversas áreas. Esta dissertação está relacionada com o âmbito da Qualidade, pelo que será essa norma ISO que será abordada no presente capítulo.



Figura 1 Normas ISO [3]

O interesse pelo conceito de Qualidade e a aplicação das suas metodologias tem vindo a crescer por parte das empresas de construção. Atualmente, pode-se encontrar no mercado vários produtos e empresas com certificados de Qualidade, segundo a família de normas NP EN ISO 9000.

Estas normas foram desenvolvidas com o intuito de apoiar as diferentes indústrias na implementação de Sistemas de Gestão da Qualidade.

Desde 2000 que a família de normas NP EN ISO 9000 são constituídas por:

- NP EN ISO 9000:2000 – Sistema de Gestão da Qualidade – Fundamentos e Vocabulário.
- NP EN ISO 9001:2000 – Sistemas de Gestão da Qualidade – Requisitos.
- NP EN ISO 9004:2000 – Sistemas de Gestão da Qualidade – Linhas de orientação para melhoria e desempenho.

Genericamente, a ISO 9000:2000 aborda os fundamentos de sistemas de gestão da Qualidade e especifica a terminologia que lhes é aplicável. Por sua vez, a ISO 9001:2000 e a ISO 9004:2000, complementam-se mutuamente e estabelecem o desenvolvimento e aplicação de sistemas de gestão da Qualidade.

A ISO 9001:2000 especifica os requisitos necessários para um sistema de gestão da Qualidade que podem ser aplicados internamente numa entidade. Direciona a eficácia do sistema de gestão da Qualidade, imposta na empresa, para cumprir com as exigências do cliente.

A ISO 9004:2000 orienta particularmente as questões acerca da melhoria contínua, do desempenho e eficiência globais e eficácia de uma entidade. Esta norma é aplicada em empresas cuja a gestão é considerada de topo e que pretendem uma melhoria contínua do desempenho para além dos requisitos impostos pela NP ISO 9001:2000. No entanto, esta norma não se destina à certificação.

Em 2008, houve uma atualização destas normas e para esta dissertação dá-se ênfase à NP EN ISO 9001:2008 que apresenta um sistema de Gestão da Qualidade (SGQ) que as empresas deverão cumprir os requisitos. Estes requisitos consistem em:

- Identificar os processos necessários para o Sistema de Gestão da Qualidade
- Determinar a sequência e interação entre os processos
- Estabelecer critérios e métodos requeridos para assegurar a operação e Controlo eficazes desses processos
- Garantir a disponibilidade da informação necessária para suportar a operação e monitorização dos processos
- Medir, monitorizar e analisar os processos e implementar as ações necessárias para atingir os resultados planeados e a melhoria contínua.

A versão mais recente é a ISO 9001:2015 que apresenta alterações significativas relativamente à anterior. Segundo a SGS, a revisão desta norma *“incentiva a intensificação do foco de interessados internos e externos na adoção de uma abordagem baseada no risco para a Gestão da Qualidade e enfatiza a importância da adoção de um Sistema de Gestão da Qualidade (SGQ) como decisão estratégica da organização”*. [15] As principais alterações entre a ISO 9001:2008 e ISO 9001:2015 estão relacionadas com a introdução de novos requisitos referentes ao SGQ, para além de renomear e reposicionar algumas atividades neste Sistema. Outro aspeto a salientar é o contexto organizacional, pois agora o processo de desenvolvimento e implementação do SGQ deve considerar o contexto da organização. Uma parte considerável dos novos requisitos introduzidos na norma ISO 9001:2015

consistem no planeamento e implementação de um Sistema de Gestão e Qualidade para identificação dos riscos e oportunidades que podem ter impacto na sua execução, desempenho e soluções. Para além destes requisitos, também houve as seguintes mudanças no Sistema de Gestão de Qualidade:

- Especificação de requisitos, propostos às organizações, relacionados com a execução de uma abordagem de processo aquando do planeamento, implementação e desenvolvimento de um SGQ
- Identificação das competências necessárias dos intervenientes que executam o trabalho que está diretamente relacionado com o desempenho da Qualidade
- Identificação e manutenção do conhecimento necessário para garantir que uma organização cumpra a conformidade dos produtos e serviços
- Abordagem baseada no risco para determinar o tipo e o alcance dos controlos adequados a todos os tipos de fornecedores externos

A estrutura da norma e a sua terminologia também sofreram alterações, a ISO 9001:2015 foi reestruturada com base nas cláusulas especificadas no Anexo SL. Esta estrutura tornou-se obrigatória para todas as normas ISO e as respetivas revisões. O objetivo desta reestruturação é garantir a correspondência da versão final da norma ISO 9001 com outras normas de Sistema de Gestão. Com a aplicação da estrutura do Anexo SL, é possível apresentar requisitos do SGQ de forma mais consistente, em vez de apresentar um modelo para os elementos do SGQ da organização.

O Anexo SL foi implementado nas normas ISO para facilitar a correspondência das definições dos requisitos entre as várias normas ISO e assim diminui a ocorrência de dúvidas de interpretação aquando da aplicação da norma. Esta implementação proporciona a descrição do enquadramento para a generalidade dos Sistemas de Gestão, embora careça da adição de requisitos específicos para se tornar numa norma de Sistema de Gestão aplicado em cada área funcional (Ambiental, Segurança e Saúde no Trabalho, Continuidade do Negócio, Serviços de Tecnologia de Informação, Segurança Alimentar, Segurança da Informação ou Qualidade). Anteriormente a esta implementação, as normas de Sistema de Gestão ISO havia diversas abordagens para um determinado requisito e o mesmo requisito encontrava-se em diferentes cláusulas, pelo que causava uma incoerência na sua interpretação. O Anexo SL veio contrariar esta regra e para facilitar na correspondência de conceitos de requisitos entre normas estabeleceu 3 características:

- Estrutura de Alto Nível
- Texto base idêntico
- Termos e definições comuns

A estrutura de Alto Nível é a que o Anexo SL adota para apresentar uma abordagem comum para a estrutura de requisitos das normas e Sistema de Gestão, incluindo a uniformidade de capítulos, textos, termos e definições. Esta estrutura é composta por 10 secções. Mantém constante a abordagem feita ao Ciclo PDCA e a sequência lógica dos requisitos dos Sistemas de Gestão e propõe a coerência das definições dos requisitos estáveis dos Sistemas de Gestão, tais como a informação documentada, ações corretivas, auditorias internas, revisão pela gestão, entre outros. As novas versões das normas ISO, nomeadamente, a norma ISO 9001 apresenta a seguinte estrutura:

1. Âmbito
2. Referências normativas
3. Termos e definições
4. Contexto da organização

5. Liderança
6. Planeamento
7. Suporte
8. Operação
9. Avaliação de desempenho
10. Melhoria

Esta estrutura possibilita o acréscimo de subcláusulas e textos específicos relativos a cada área, uma vez que a sua estrutura se inicia com uma definição geral dos requisitos e ao longo do seu desenvolvimento aumenta a especificidade dos mesmos.

A Figura 2 expressa a abordagem estabelecida na norma ISO 9001:2015.

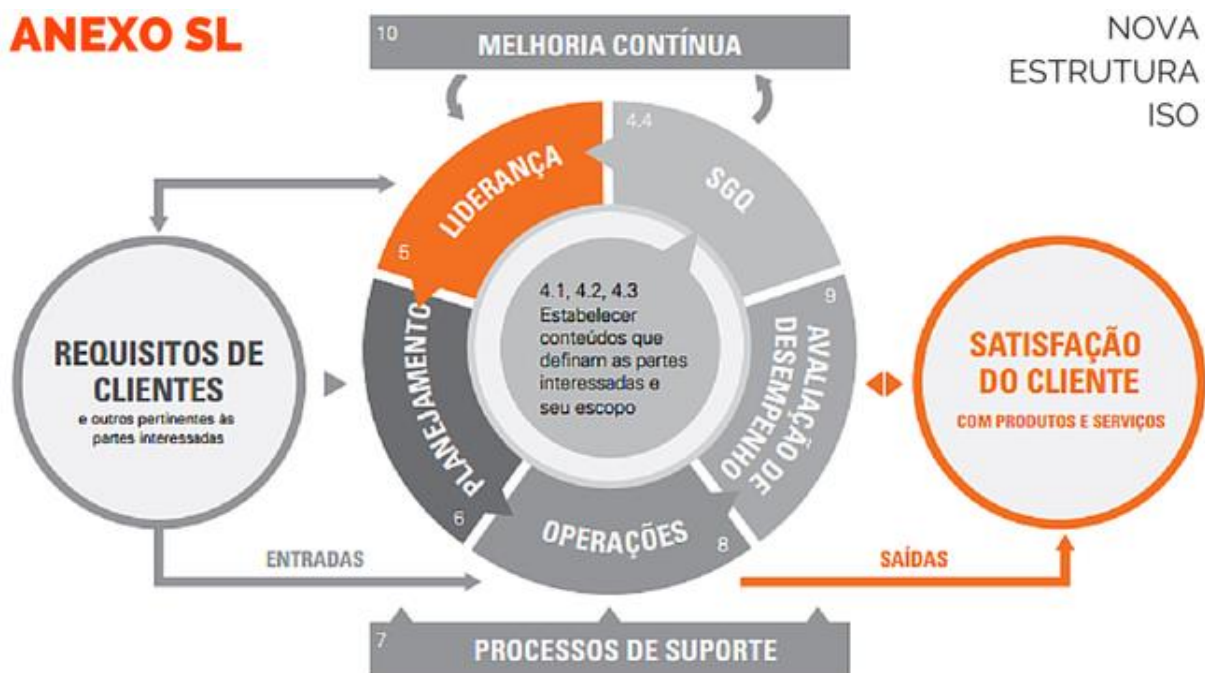


Figura 2 Sistema de Gestão de Qualidade ISO 9001:2015 [1]

A aplicabilidade e as vantagens deste tipo de sistema permitem, principalmente, a melhoria da execução, da coordenação e da produtividade; a maior atenção face aos requisitos impostos pelos clientes e os objetivos traçados pela empresa e consequentemente, a obtenção da Qualidade.

Neste sentido é relevante referir a norma ISO 10006:2003 – Diretrizes para a Qualidade na Gestão de Empreendimentos – que foi implementada pelo Comité Técnico ISO/TC 176 para refletir as atualizações impostas nas normas da família ISO 9000, nomeadamente a evolução no sentido do produto final.

O Sistema de Gestão de Qualidade que se baseia nas normas ISO 9000 apresenta dificuldades devido ao facto de não abranger o sector da construção. Em 2009, N.M Cachadinha efetuou um estudo para compreender esta dificuldade [16] e concluiu-se que esta se deve aos seguintes pontos:

- “Existência de uma cultura organizacional, resistente a mudanças ou por falta de conhecimento e de cultura da qualidade;
- Dificuldade na transmissão da informação entre os diferentes departamentos e níveis hierárquicos de uma empresa de construção;

- *A geração de uma burocracia excessiva do sistema com origem na necessidade de documentar ou registar todas as questões;*
- *Fragmentação do serviço prestado em que a produção é tradicionalmente separada da conceção;*
- *Produção na indústria cada vez mais complexa com a introdução de cada vez maior número de componentes;*
- *Produtos únicos e pouco standardizados quando em comparação com outras indústrias;*
- *Setor dependente de muitos fatores, alguns deles completamente exógenos à indústria;*
- *Existência de coparticipantes na obra que poderão dificultar o desenrolar da mesma;*
- *Elevada subcontratação, com tendência crescente;*
- *Resistência na implementação pela utilização de mão-de-obra pouco qualificada;*
- *Aversão a mudanças de rotina nos procedimentos dos trabalhadores.” [5, 16]*

2.1.3.3. MARCA DE QUALIDADE LNEC

No seguimento das dificuldades apresentadas na implementação do Sistema de Gestão de Qualidade, mencionados no subcapítulo anterior, o Laboratório Nacional de Engenharia Civil criou um sistema português no domínio da qualidade destinado para a indústria da construção. Esta homologação exige uma entidade com Alvará de Gestor de Qualidade, para além do Gestor existente na Revisão de Projeto.

O Decreto-Lei n.º 310/90 de 1 de Outubro de 1990, cria a MQ/LNEC, “aplicável à certificação de empreendimentos da construção” [17]. O LNEC estabeleceu neste diploma as condições de atribuição da Marca Qualidade LNEC, nomeadamente a “valorização técnica, social e económica dos empreendimentos da Construção” [17].

Com o aumento das exigências face à utilização dos produtos ou serviços e o objetivo de satisfazer o dono de obra ou utilizador quanto às suas exigências, as empresas têm tido a necessidade crescente de verem reconhecida a Qualidade dos produtos ou prestação de serviços. Este reconhecimento garante a conformidade dos produtos ou da prestação de serviços de acordo os requisitos especificados em documentos de natureza legal contratual ou profissional.

A MQ/LNEC teve como objetivo submeter todas obras a processos de certificação de acordo com as metodologias mencionadas no Art.º n.º 2 do Decreto-Lei n.º 310/90 de 1 de outubro de 1990 destaca-se a implementação de um Plano Geral de Garantia de Qualidade¹.

Ao contrário do que seria previsto, atualmente o certificado MQ/LNEC é de cariz voluntário sendo aplicável a qualquer empreendimento de construção pública ou privada. A sua implementação num empreendimento surge com a vontade manifestada pelo Dono de Obra em beneficiar da marca.

A Marca de Qualidade do LNEC consiste em considerar os empreendimentos como produtos finais de todo o processo construtivo, integrando vários intervenientes com as funções bem definidas que têm de fazer cumprir os conceitos modernos de gestão e garantia de qualidade. Esta certificação abrange as

¹ Para aprofundar o tema relacionado com o Plano Geral de Garantia de Qualidade, consultar o Capítulo 4 do “Manual Prático de Gestão da Construção - Um guia prático para construir com segurança e Qualidade”

diferentes fases do processo construtivo, nomeadamente, o concurso, o projeto e execução de obra, incluindo os materiais, componentes e equipamentos de construção.

Os intervenientes neste sistema de Qualidade são o Dono de Obra e o LNEC, como beneficiário da marca e como responsável da sua concessão, respetivamente. No entanto, no processo de atribuição da marca estão envolvidas empresas qualificadas pelo LNEC como gestores geral da Qualidade (GGQ) de empreendimentos.

A Figura 3 expressa as etapas que deverão ser cumpridas no processo de concessão da marca de Qualidade LNEC e a relação entre os intervenientes. O processo construtivo inicia-se quando o Dono

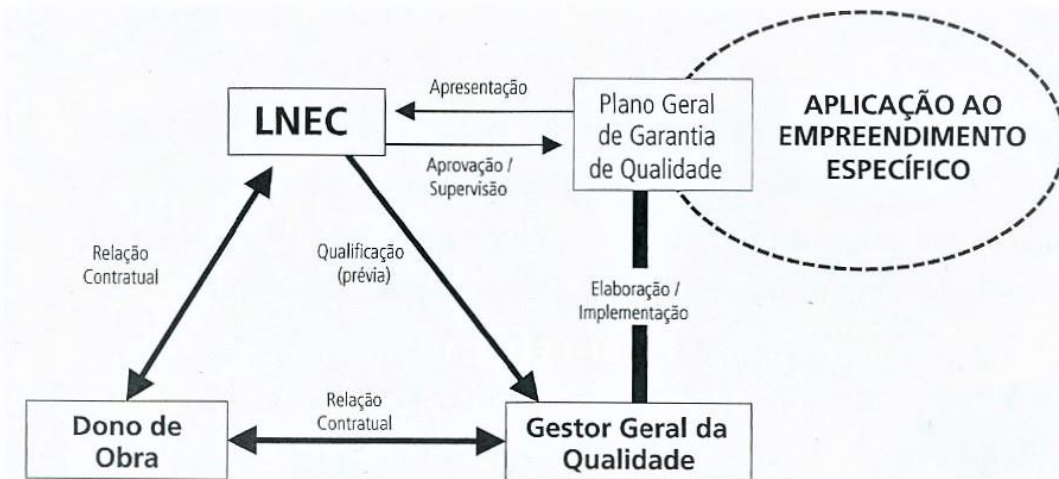


Figura 3 Relação entre os intervenientes na marca de Qualidade LNEC [5]

de Obra requer a obtenção da marca de Qualidade LNEC no empreendimento. Para obter esta qualificação é necessário contratar um Gestor Geral da Qualidade. Este gestor tem como função elaborar um Plano Geral de Garantia de Qualidade para todas as fases da obra, nomeadamente concurso, projeto, execução de obra, materiais e componentes, subsistemas e equipamentos. Para o Plano Geral de Garantia de Qualidade ser implementado em obra é necessário ser submetido a avaliação e aprovação por parte do Laboratório Nacional de Engenharia Civil. Com o decorrer da execução dos trabalhos da obra, o GGQ deve elaborar relatórios das atividades em curso, onde deve referir as conclusões. Por último, o GGQ emite uma declaração de conformidade que comprova o cumprimento das disposições contratuais e regulamentares e de especificações técnicas que se reconheça garantirem a satisfação das exigências essenciais de Qualidade. Esta declaração deve ser um elemento de homologação do LNEC.

2.1.4. CONTROLO DE QUALIDADE NO ÂMBITO DA FISCALIZAÇÃO

No sector da construção, a função da fiscalização é gerir a garantia da Qualidade. A Figura 4 mostra o contacto direto que existe entre a Fiscalização e os vários intervenientes do projeto (Dono de Obra, empreiteiro, projetista ou entidades licenciadoras, o que facilita e clarifica a relação entre todas as partes.

O Dono de Obra de um empreendimento, quer este seja público ou privado, pode ser representado por uma equipa de Fiscalização para que, em estaleiro, durante a execução dos trabalhos defenda os seus interesses e para garantir o cumprimento dos trabalhos contratuais em tempo útil. Para o mesmo efeito, o Empreiteiro é representado pelo Diretor de Obra.

A corrente prática profissional da Fiscalização consiste na supervisão, em obra, da execução dos trabalhos contratuais. Esta supervisão pode ser efetuada através de inspeção de locais, equipamentos, documentação de obra, registos informáticos, contabilidade entre outras questões pontuais que, eventualmente, possam surgir ao longo do processo de construção.

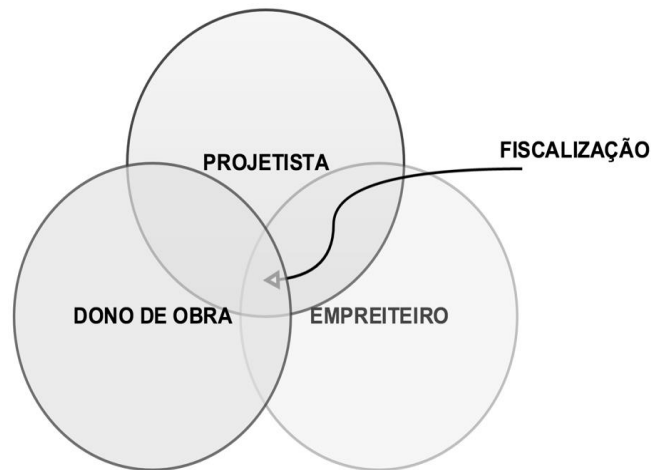


Figura 4 Engenharia de Serviços [2]

Existe ainda no âmbito Fiscalização uma vertente que abrange a Coordenação de Segurança em Obra que tem como objetivo garantir o cumprimento do contrato relativamente à segurança e saúde dos trabalhadores. Esta vertente não está relacionada com a temática desta dissertação. Para aprofundar este tema, o autor sugere a leitura do livro de Telmo Dias Pereira – *Gestão Projeto e Contratação de Empreitadas de Obras*, Imprensa da Universidade de Coimbra, 2014.

A Fiscalização é uma atividade profissional que defende os pontos de vista na ótica do Dono de Obra e pode ser desenvolvida por um técnico ou por um conjunto de técnicos, consoante a dimensão e complexidade da obra e das especialidades que esta exige, que deverão verificar a execução dos trabalhos no local da obra. Quando numa obra, esta atividade for desempenhada por mais do que um técnico de Fiscalização, respeitante a cada especialidade envolvida na obra, o Dono de Obra deverá nomear um deles como Diretor de Fiscalização.

Numa empreitada, a Fiscalização atua em três áreas do Contrato e respetivo Caderno de Encargos, tais como, o controlo de qualidade, o cumprimento dos prazos e o controle financeiro contratuais. Para além destas três fases de controlo, para assegurar o desenvolvimento dos trabalhos, o técnico de Fiscalização deverá ter disponível os elementos necessários à resolução e esclarecimentos de todas as questões postas pelo empreiteiro.

Para garantir o Controlo de Qualidade, a fiscalização terá de verificar a eficiência e eficácia do programa de garantia de Qualidade, deverá estar informado acerca das observações do projeto de arquitetura sobre os procedimentos gerais e de trabalho. Tem de comunicar aos intervenientes acerca das inconformidades existentes. Também tem como função efetuar um Controlo de custos, de mão de obra e de materiais.

De forma a garantir a Qualidade na construção, a fiscalização tem autoridade para interromper a execução dos trabalhos, devolver materiais de construção ou exigir que sejam realizados ensaios.

2.1.5. TOTAL QUALITY MANAGEMENT

2.1.5.1. ENQUADRAMENTO CONCEPTUAL

O método *Total Quality Management* (TQM), em português, Gestão da Qualidade Total pode ser definida como a gestão direcionada para a Qualidade. É um método que se foca na melhoria de processos, tem como base o envolvimento de todos intervenientes, na prática e na formação para que se atinja a satisfação e cumprimento dos requisitos do cliente, a relação custo-eficiência. São estes os fatores que fazem com que o cliente fique satisfeito com o produto final.[18]

O desenvolvimento da metodologia TQM teve origem na indústria de produção para alcançar, com maior eficácia, a satisfação do cliente. Apesar das práticas de gestão divergirem entre os vários tipos de indústria, não é impossível a adaptação da TQM a cada uma delas. Ao contrário do que acontece na indústria da produção, em que as condições são constantes ao longo do processo, na indústria da construção as condições são singulares para cada processo. No processo externo, as dificuldades que a indústria da construção pode encontrar na adaptação à metodologia TQM prende-se à:

- Mobilidade dos trabalhadores
- Variedade da tipologia de construção, da tecnologia da construção e do projeto
- Dispersão geográfica
- Execução frequente de protótipos do projeto
- Tratamento de resíduos

Existe ainda uma maior dificuldade quando se trata de processos internos, uma vez que não existe um envolvimento entre as diversas equipas que contribuem para o progresso de um processo (fornecedores, empreiteiros, pessoal subcontratado, etc.) o que torna complexo a implementação da TQM.

2.1.5.2. CICLO PDCA

Na implementação de um sistema e a respetiva melhoria e eficácia de um Sistema de Gestão da Qualidade, de forma a aumentar a satisfação do cliente cumprindo os seus requisitos, as normas recomendam a adoção de uma abordagem de um sistema baseada em processos. A organização eficaz de uma empresa, necessita de identificar e gerir numerosas atividades relacionadas entre si. Entende-se como processo, uma atividade que utiliza recursos e é gerida de forma a permitir a transformação de Entradas (Input) em Saídas (Output). Em que a Saída de um processo forma a Entrada do seguinte.

A Figura 5 representa os elementos de Sistema da Gestão da Qualidade baseado em processos:

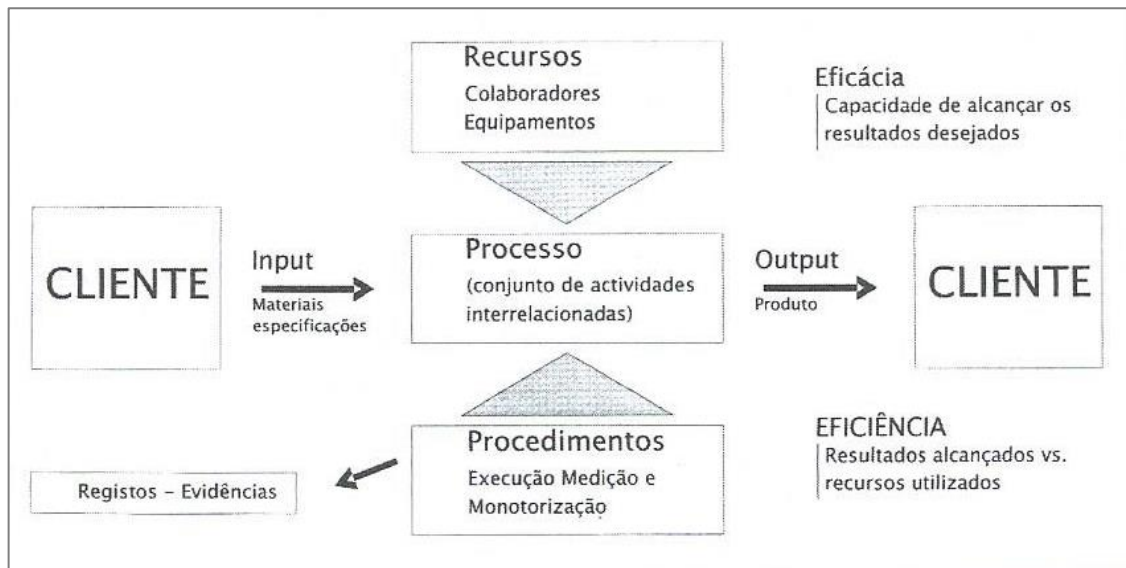


Figura 5 Sistema de Gestão da Qualidade baseado em processos [4]

Este sistema baseado em processos permite o Controlo faseado que proporciona sobre a interligação dos processos individuais dentro do sistema de processos e a sua combinação e interação. A abordagem por processos realça a importância:

- de entender e cumprir os requisitos;
- da necessidade de considerar processos em termos de valor acrescentado
- de obter resultados do desempenho e da eficácia de processos
- da melhoria contínua dos processos baseada na medição [4]

A Figura 6 refere-se à metodologia aplicável a todos os processos é o *Ciclo Plan-Do-Check-Act* (Planear-Executar-Verificar-Atuar)



Figura 6 Ciclo PDCA [4]

William Edwards Deming criou a metodologia PDCA, atualmente aplicada pelas Normas ISO e pela TQM. Segundo o método PDCA cada processo deve ser produzido singularmente. Este ciclo pode ser definido por quatro expressões:

- Planear: estabelecer quais são os objetivos a ser cumpridos e os processos a executar para atingir os resultados expectáveis face às exigências do cliente sem descuidar das políticas da organização.
- Executar: implementar os processos planeados
- Verificar: verificar se os produtos obtidos na execução dos processos, analisando a sua conclusão tendo em conta o plano estabelecido e a sua execução. Esta verificação pode ser efetuada à medida que se vai executando o processo ou na sua fase final.
- Atuar: avaliar o desempenho do produto, compreender se o processo pode sofrer melhorias ou se a execução do processo pode ser padronizada.

2.1.6. MATERIAL REQUIREMENTS PLANNING (MRP)

O método *Material Requirements Planning* (MRP), em português, Planeamento das Necessidades de Recursos, permite a gestão do inventário do armazém, garantindo a disponibilidade de todos os recursos necessários para a execução da produção. Está associado a um sistema informático que serve como ferramenta para o planeamento e calendarização da produção. O MRP, permite ao diretor de obra ter conhecimento do que é necessário para a produção ou aplicação do material, a quantidade e quando é necessário.

Na indústria da produção, entende-se por recursos todos os elementos necessários à execução de uma produção. Na indústria da construção, os recursos são os materiais ou componentes, os equipamentos e a mão-de-obra. Os materiais têm um grande peso no orçamento da obra. Por vezes, os materiais a aplicar em obra necessitam de ser planeados com antecedência por necessitarem de serem fabricados ou por serem materiais que não estão disponíveis de forma imediata. Este procedimento pode demorar algumas semanas ou meses, consoante a complexidade do material, o que faz com que o custo associado sofra aumentos. Ou seja, a sua gestão exige um planeamento através do qual é estabelecida a quantidade necessária, é definido um prazo para a sua fabricação e disponibilidade em obra. Um dos procedimentos no planeamento de uma obra é a execução de um Mapa de Quantidades, onde são estabelecidas as tarefas a executar em obra, especificações dos materiais a aplicar, as respetivas dimensões e quantidades e o preço definido pelo empreiteiro. O custo de uma obra, geralmente, representa o custo da aquisição de material, custo de armazenamento, o custo do seguro contra roubos e o custo de possíveis ajustes consoantes os trabalhos a mais ou a menos que só terão sido detetados já no decorrer da obra. Nesta abordagem da Construção Civil, a Gestão de Recursos pode ser agrupada em:

- Gestão de Materiais,
- Gestão de Equipamentos
- Gestão de Mão-de-Obra

O leitor que tenha conhecimentos sobre esta temática, terá a noção de que na prática profissional a aplicação de sistemas de gestão é praticamente inexistente, apesar de ser rotina diária noutras indústrias. No entanto, poderia ser aplicado sistemas de Planeamento de Necessidades de Recursos para um controlo global das empreitadas. O conceito MRP é aplicável às empresas de Construção Civil quando lhes é adjudicada uma obra, pois gera uma necessidade de materiais e de capacidades para poder executar a obra que devem ser planeadas com antecedência para uma maior eficiência. Para organizar estas necessidades, de modo a que as falhas na produção sejam reduzidas e os prazos sejam cumpridos, atingindo os parâmetros de Qualidade exigidos e a obtenção da satisfação do Cliente, deve-se sistematizar os dados técnicos que suportam um sistema de planeamento como é o MRP. [19, 20]

2.1.7. SISTEMAS DE INFORMAÇÃO E TECNOLOGIAS DE INFORMAÇÃO

2.1.7.1. ENQUADRAMENTO HISTÓRICO

O setor da construção, nomeadamente em Portugal, por motivos culturais e também pela falta de exigências da formação técnica aos trabalhadores, é uma indústria muito resistente à implementação das novas tecnologias para facilitar o desenvolvimento de Sistemas de Informação. Este setor desvalorizou o potencial da relação IT/IS relativamente à Gestão de Obra e Controlo de Qualidade. Esta atitude face às novas ferramentas que vão surgindo com a evolução da tecnologia, pode causar um impacto negativo na produtividade e na inovação e provoca uma consequente incoerência entre o produto final (*Output*) e o que seria expectável pelo cliente.

Recentemente, algumas empresas com maiores volumes de negócio têm tido um aumento gradual relativamente ao interesse pelas novas tecnologias para o desenvolvimento de estruturas de planeamento para a implementação de uma estratégia para a criação de sistemas IT/IS. [21] O Quadro 3² estabelece os parâmetros identificados para a criação e aplicabilidade desta relação. [21-24]

2.1.7.2. ANÁLISE SWOT

Com base nos conceitos definidos pelos diversos autores inscritos no enquadramento conceptual deste capítulo é possível estabelecer uma avaliação das oportunidades, Ameaças, Pontos fortes e Fraquezas de uma empresa face à concorrência.

A figura 7 representa a metodologia detalhada, que integra os 10 indicadores necessários para a realização da implementação do Sistema IT/IS. Para monitorizar este sistema, deve-se estabelecer equipas multifuncionais para integrar no quadro da gestão do Sistema IT/IS, em que todos os trabalhadores devem trabalhar para atingir os mesmos objetivos empresariais. Para tal, a equipa tem de definir os valores da gestão da organização da empresa, tais como os objetivos a cumprir, os valores em que acredita e os desafios a alcançar. Uma empresa, ao estabelecer estes conceitos, é possível identificar os pontos fortes e as fraquezas, as oportunidades e as ameaças (em inglês, SWOT – *Strengths, Weaknesses, Opportunities and Threats*). As letras “S” e o “W” referem-se à análise de pontos fortes e pontos fracos da empresa ou do projeto; enquanto que, as letras “O” e o “T” estão relacionadas com as oportunidades que podem ser obtidas desta análise e as ameaças que se podem detetar através da mesma.

Para uma empresa fazer uma análise SWOT, o primeiro passo consiste em classificar, de acordo com uma escala de valores, os seus atributos no âmbito da gestão, como por exemplo, objetivos, perceções, confiança e desafios. Esta autoavaliação permite à empresa encarar a forma de como é executada a sua gestão e os critérios com que são avaliadas as suas estratégias. Para esta avaliação é necessário fazer uma análise a dois níveis: externa e interna. A primeira, avalia o empenho com que a empresa classifica as possíveis oportunidades e ameaças; enquanto que a segunda, identifica os pontos fortes e as fraquezas existentes na organização da empresa. A combinação destas duas análises resulta na análise SWOT, que permite obter uma abordagem sistemática e apoio ao projeto face a uma situação específica.

² Entende-se por “Processos de *Re-Engineering*” como sendo uma melhoria do processo mediante a aproximação da Gestão das várias equipas de uma empresa através do aumento da sua eficiência.

Quadro 3 Estudos realizados no âmbito de Sistemas e Tecnologias de Informação

Estudos realizados no âmbito de Sistemas e Tecnologias de Informação	1996	H.G Leslie	<p><i>"Num processo de planeamento e execução de um projeto construtivo, existem cinco meios em que, com recursos às tecnologias de informação, os intervenientes podem trocar informação e assim registar as responsabilidades de cada equipa face ao projeto:</i></p> <ol style="list-style-type: none"> <i>1) Aplicação do Projeto</i> <i>2) Recursos do Projeto</i> <i>3) Convenções da indústria</i> <i>4) Processos de Re-Engineering</i> <i>5) Comunicações e recursos às tecnologias de computação "</i>
	1997	Myllymaki	<p><i>"No âmbito do planeamento e implementação de Sistemas de informação nas empresas de construção Finlandesas, identificação de três princípios para o sucesso desta implementação:</i></p> <ol style="list-style-type: none"> <i>1) Visão</i> <i>2) Compromisso</i> <i>3) Possibilidades de Re-Engineering"</i>
	1998	Miozzo, M., M.Betts, A. Clark, A. Grilo	<p><i>"A estratégia de um processo para o desenvolvimento de um Sistema IT/IS na construção. Análise de quais são os processos de construção que bloqueiam os recursos e interferem na eficiência do processo."</i></p>
	1999	Jung, Y. Gibson, G.E	<p><i>"Desenvolvimento de um esquema de trabalho para medir e avaliar o plano do Sistema de Construção Integrada por Computador (CIC). Definição de cinco medidas para a eficiência deste plano:</i></p> <ol style="list-style-type: none"> <i>1) Estratégia Empresarial</i> <i>2) Gestão</i> <i>3) Sistemas de Computador</i> <i>4) IT</i> <i>5) Investimento faseado"</i>

<p>1999</p> <p>Estudos realizados no âmbito de Sistemas e Tecnologias de Informação</p>	<p>F. Peña-Mora, S. Vadhavkar, E. Perkins, and T. Weber</p>	<p>"Estratégia de Planeamento de Tecnologia de Informação direcionada para a indústria da Construção, nomeadamente em projetos de maiores dimensões. Antes de implementar o sistema IT/IS deve-se compreender como decorrem os negócios neste setor bem como a sua gestão. De seguida, analisar os processos e funções relevantes num projeto de Arquitetura, Engenharia e Construção. Finalmente, pode-se proceder ao desenvolvimento de um modelo de tecnologia de informação com capacidade de se integrar num quadro geral de planeamento estratégico."</p>
--	---	---

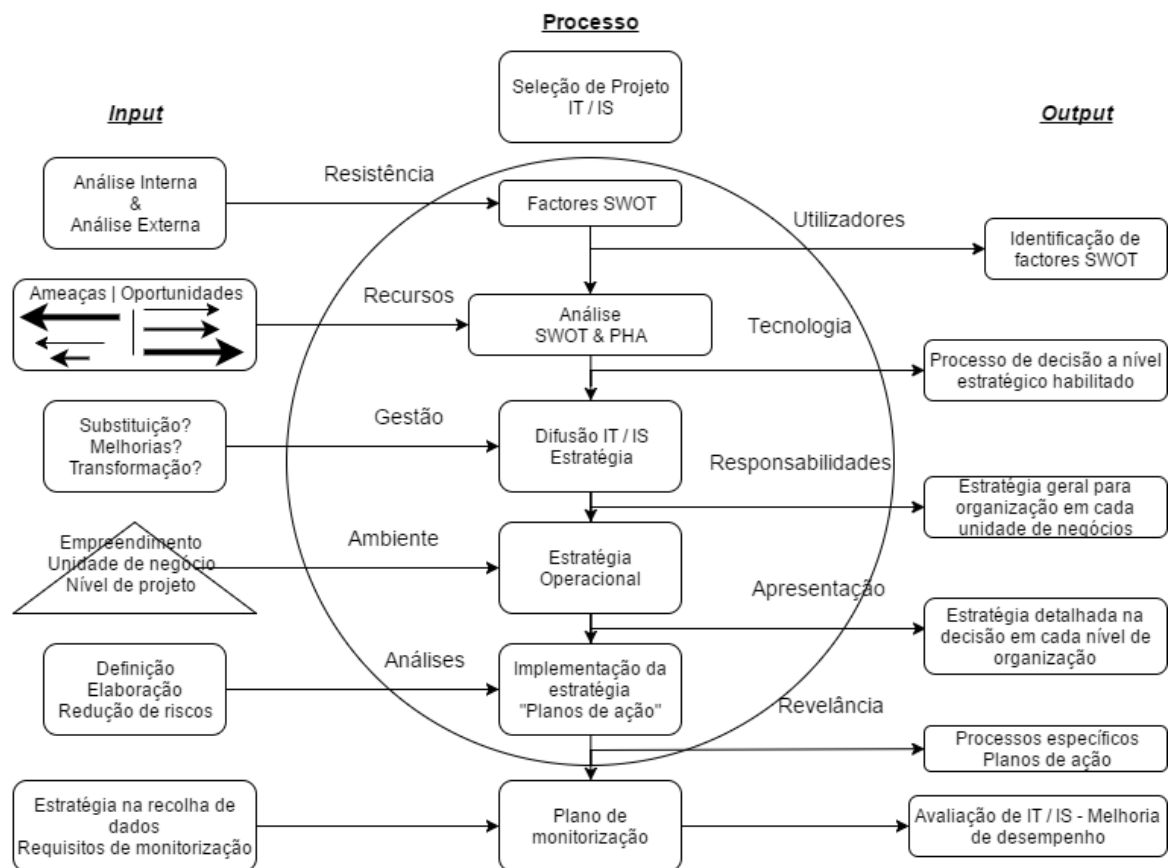


Figura 7 Estratégia para a implementação de um sistema IT/IS [21]

Todavia, a análise SWOT diverge do setor da construção para as restantes indústrias, devido à variedade de fatores específicos a cada projeto. Os Pontos Fortes tendem a associar-se às vantagens e outras competências que podem ser benéficas face à concorrência no mercado. As Fraquezas podem ser entendidas como sendo as limitações que dificultam a execução de um processo. As Oportunidades estão

relacionadas com as competências que uma empresa tem comparativamente às restantes que existem no mercado, como por exemplo, as habilitações que têm pelas ferramentas tecnológicas e a capacidade que têm em poder integrar o sistema IT/IS. Por último, as Ameaças podem ser vistas com as questões problemáticas, como por exemplo, questões que podem comprometer a implementação de projetos IT/IS. A análise SWOT é um método de avaliação superficial de um processo com uma certa imprecisão que não possibilita uma avaliação de forma abrangente de uma situação de modo a permitir uma tomada de decisão; apenas identifica os fatores favoráveis e desfavoráveis. O Processo de Hierarquia Analítica (PHA) é uma ferramenta eficaz na estruturação e análise multicritérios e tem sido usada na Gestão das empresas de Construção. A proposta de aplicar o PHA numa estrutura SWOT terá como funcionalidade a avaliação sistemática dos critérios SWOT e quantifica-las. Esse valor pode ser obtido por meio da comparação entre os fatores SWOT e o valor atribuído pelo PHA. Dessa forma, para além de se definir os Pontos Fortes, as Oportunidades, as Fraquezas e as Ameaças estas estarão associadas a uma classificação numérica, pelo que torna possível tomar uma decisão com base em dados específico obtidos destas avaliações.

Para desenvolver uma estratégia de difusão IT/IS, deve-se analisar a informação recolhida nas etapas anteriores e fornecer recomendações para melhoramento do processo. O registo de informação de ocorrências anteriores é importante na medida em que os intervenientes possam ter dados para se basearem acerca da potencialidade das recomendações fornecidas e na experiência adquirida para apoiar na estratégia de implementação deste sistema. Neste registo deve constar uma descrição e justificação de como a proposta de projeto irá beneficiar a empresa, quais são as vantagens em implementar um projeto IT/IS e de que modo irá afetar os processos da empresa, estabelecer quais as mudanças necessárias a implementar para tirar o maior proveito das capacidades deste projeto. Este registo desenvolve fatores externos e internos avaliados na análise SWOT e promove a responsabilidade de cada interveniente.

A estratégia operacional deriva da difusão do projeto IT/IS. O desenvolvimento de uma estratégia operacional com maior detalhe, com base nos registos de ocorrências elaborado na etapa anterior, considera todos os níveis de decisão de uma empresa do sector da construção, ou seja, no Projeto, Unidade de Negócios e Níveis de Empresa. Ao desenvolver esta estratégia, devem ser estudados todos os casos possíveis, tendo em conta o histórico descrito anteriormente. Devem ser analisados em termos das funções de cada interveniente, hierarquia e responsabilidades bem como em termos de arquitetura técnica necessária para o desenvolvimento do sistema IT/IS que apoiem as estratégias de melhoramento. Nesta fase, deverão ser elaborados três modelos de organização que descrevem:

- A implementação do sistema IT/S
- As responsabilidades e as hierarquias dos intervenientes
- As especificações do sistema IT/IS, isto é, os requisitos da rede disponível na empresa, *software*, hardware e segurança.

A implementação da estratégia é composta pelas seguintes fases:

- Definição de elementos para o Plano de Ação
- Elaboração de um Plano de Ação
- Estratégia de redução de riscos

Os Planos de Ação devem ser estabelecidos com base nos seguintes elementos:

- Registo de ações para implementação estratégica do sistema IT/IS

- Estudo dos procedimentos de implementação, tais como, orçamento, restrições e tipos de financiamento.
- Ações prioritárias com referências importantes para o desenvolvimento do sistema
- Com a definição destes elementos é possível detalhar os Planos de Ação. A elaboração deste plano deve incluir:
 - A análise de cada elemento de ação
 - Prazos (Restrições, precedências, pontos de controle)
 - Custos (Custos de compra, de desenvolvimento, de manutenção)
 - Gestão do Sistema IT/IS e Estrutura de coordenação.

A elaboração dos planos de ação irá garantir que a implementação do Sistema IT/IS seja bem documentada para ser seguida. Os fatores de risco ou fraquezas precisam de ser reduzidas no processo do planeamento estratégico.

O desenvolvimento de um plano de implementação estratégica para a construção do sistema IT/IS não garante o sucesso da mesma. Para tal, deve-se considerar um acompanhamento contínuo do seu desempenho ao longo da sua vida. O Plano de Monitorização do sistema deve considerar medidas de desempenho e de recolha de dados essenciais para cada sistema IT/IS implementado. Como já foi referido a quantificação dos fatores variam entre a indústria da construção para as restantes; como tal, para avaliar a melhoria do desempenho do sistema IT/IS, é preciso selecionar um determinado número de medidas de desempenho para que sejam facilmente avaliados.

2.2. ESTADO DA ARTE

Com base nos artigos científicos pesquisados em plataformas que contém uma base de dados com uma vasta variedade de temas, abordaram-se temáticas relevantes para o desenvolvimento desta dissertação. Procedeu-se também a uma análise descritiva da informação obtida.

Como se verifica nos assuntos descritos em 2.1 nota-se que esta dissertação incide na Gestão de informação com recurso a Tecnologias de Informação, na Gestão da Qualidade e na Garantia, dado que este trabalho tem como objetivo a implementação de um sistema de Gestão de qualidade com recurso à tecnologia RFID na indústria da Construção, nomeadamente em três fases de obra: Fabrico, Construção e Fiscalização.

Este trabalho é do âmbito da fiscalização de obras que está diretamente relacionada com o Controlo de Qualidade. Como tal, optou-se por, em primeiro lugar, perceber qual é o conceito de Qualidade tanto a nível geral como a nível específico da indústria da construção, apesar de serem temas já demasiado debatidos em diversas teses de mestrado na área de intervenção da Fiscalização. Para o enquadramento temático, abordou-se também as Certificações que existem para o cumprimento dos parâmetros de Qualidade. Após o estabelecimento destas definições, naturalmente que se fez uma pesquisa acerca das metodologias existentes que proporcionam um melhoramento do processo, um aumento do cumprimento dos requisitos de Qualidade e, conseqüentemente, uma maior satisfação do cliente. Esta metodologia refere-se ao TQM (Gestão da Qualidade Total), para compreender a necessidade e estruturação de um sistema que, poderá ser associado a uma aplicação informática já existente.

Para além da temática da Qualidade, no ponto de vista do autor, é relevante abordar temas como o MRP (Planeamento das Necessidades de Recursos), apesar de não ser o foco desta dissertação, porque este

tema é do âmbito da Gestão de Armazém, o que consiste nas funções do fabricante e da Direção de Obra. Todavia é um tema, que num desenvolvimento futuro, poderá ser aplicado no sistema proposto com recurso à tecnologia RFID.

Do ponto de vista do autor, é relevante abordar temas relacionados com o Sistema de Informação e Tecnologias de Informação, visto que esta tese irá propor um sistema de partilha de informação entre os vários intervenientes relacionados com uma obra, com recurso a um sistema tecnológico. Como se trata de uma proposta de um sistema a implementar numa aplicação informática já existente, é importante fazer uma análise SWOT sobre a mesma.

Face a este estudo, organizou-se um gráfico para compreender a parcela relativamente a cada uma das temáticas que representa a pesquisa bibliográfica efetuada neste trabalho, figura 8.

O estudo sobre estes temas foi feito com recurso à pesquisa de artigos publicados em revistas científicas do âmbito das Engenharias. O número de artigos relacionados com o conceito e tipos de certificações de Qualidade, com 8 e 6 artigos, deve-se ao facto de ter sido feito uma análise sobre a definição, estabelecida por cada autor. O breve estudo realizado sobre TQM, foi para entender quais os procedimentos a aplicar num processo para atingir os requisitos de Qualidade. Todavia, a temática que suporta o desenvolvimento do sistema de Gestão de Qualidade com recurso à tecnologia RFID é o Sistemas de Informação e Tecnologias de Informação.

Foi feita uma breve abordagem acerca do MRP (Planeamento das Necessidades de Recursos), porque, como irá perceber no capítulo 4, haverá a possibilidade de para um desenvolvimento futuro recorrer à tecnologia RFID para gerir o armazenamento em fábrica e em estaleiro. Esta temática não está diretamente relacionada com o âmbito da Fiscalização, mas sim da Direção de Obra. Contudo, é um tema interessante para uma boa prática de Gestão no futuro.

O propósito desta dissertação consiste em desenvolver um sistema de Gestão de Controlo de Qualidade com recurso à tecnologia RFID e propor a implementação deste sistema numa aplicação informática de Controlo de Qualidade. Como se trata de um sistema que pode acompanhar a vida útil de empreendimento, a aplicação informática também pode estar associada à manutenção de edifícios.

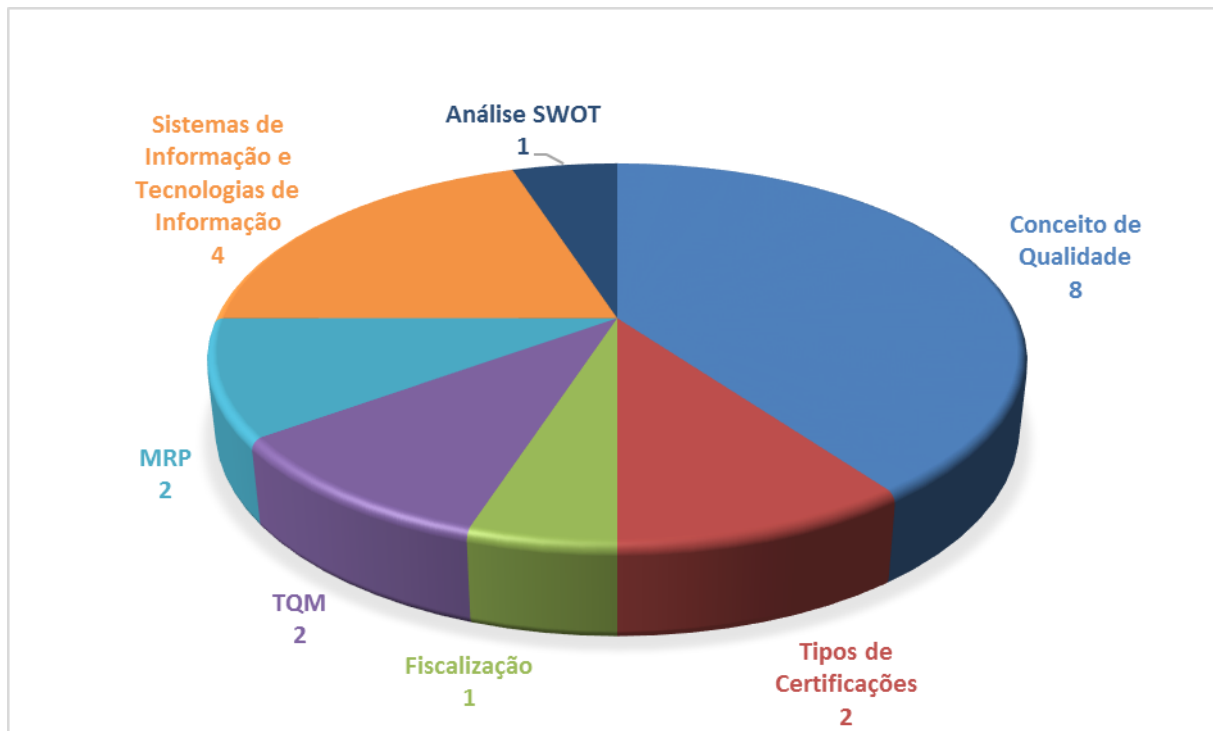


Figura 8 Número de artigos por temática

A figura 9 representa a quantidade de autores, das referências analisadas, que se dedicaram ao estudo das diferentes temáticas abordadas no presente capítulo.

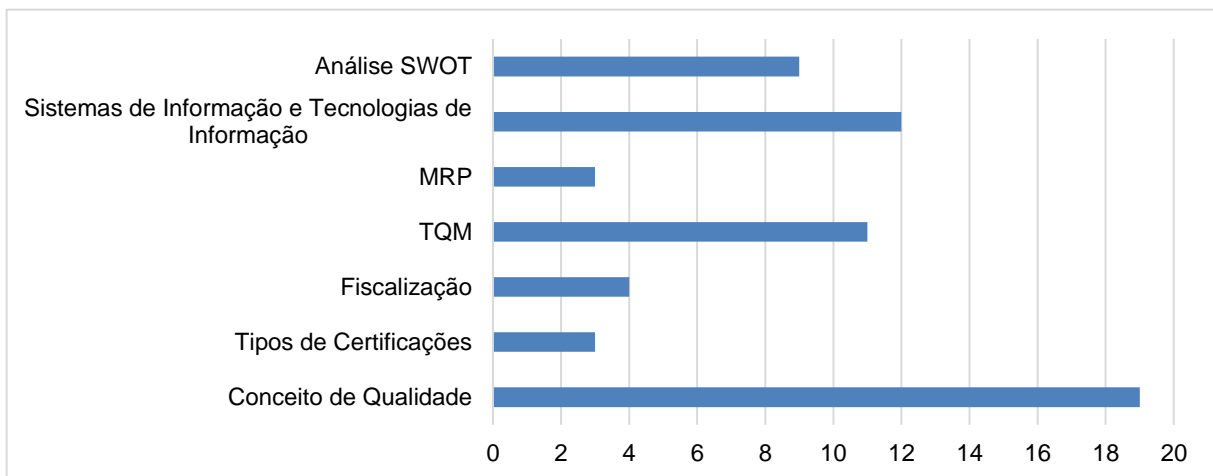


Figura 9 Autores das referências analisadas

Para ter uma melhor perceção da evolução destas temáticas ao longo do tempo sobre a qual incide a pesquisa efetuada dos artigos científicos selecionados para a análise bibliográfica, a figura 10 organiza tal evolução num gráfico de barras. Esta cronologia tem início em 1994, devido ao enquadramento histórico do conceito de Qualidade. No entanto, a pesquisa foi direccionada para os artigos datados a partir do ano 2000, uma vez que as referências bibliográficas mais antigas servem de suporte para as mais recentes, havendo nessa transição uma atualização da informação consoante as novas ideias e adaptação às novas realidades.

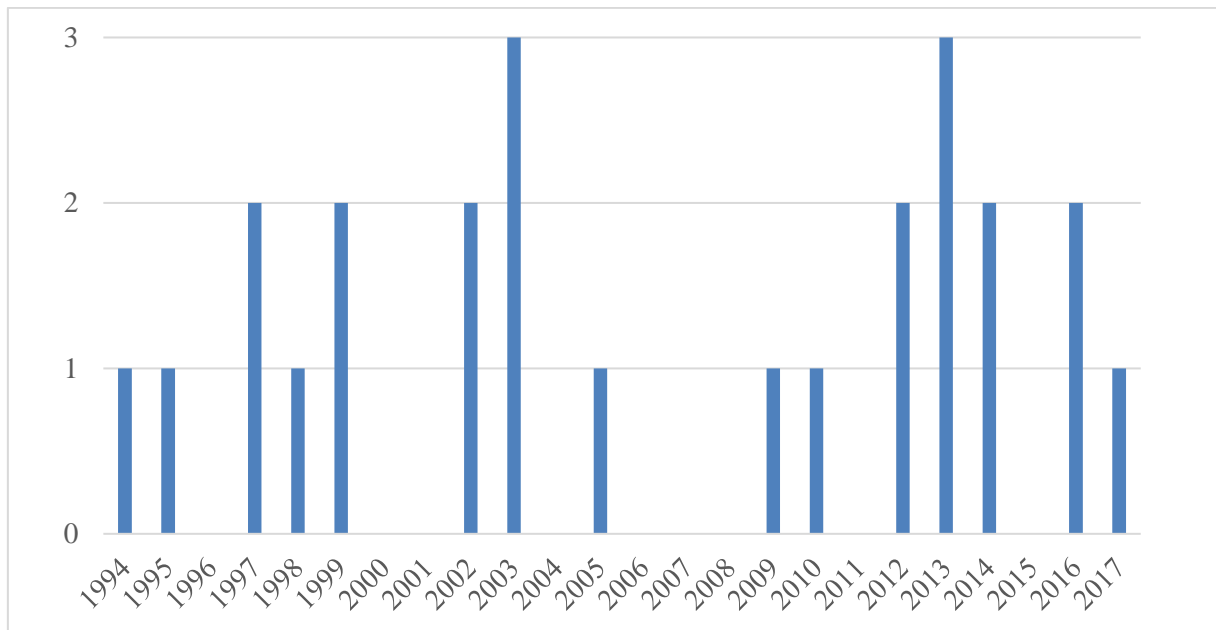


Figura 10 Cronologia das referências bibliográficas

3

SISTEMA DE IDENTIFICAÇÃO AUTOMÁTICA – RFID NO SECTOR DA CONSTRUÇÃO

3.1. INTRODUÇÃO

Apesar desta tecnologia já estar implementada em vários objetos que fazem parte do nosso quotidiano, tal como o passe de transporte do Andante (Transportes do Porto). O RFID é uma tecnologia que recorre às ondas de rádio com diferentes frequências e tem a capacidade para identificar objetos. Um sistema RFID engloba uma *tag* e um leitor. Este sistema pertence a um grupo de tecnologias conhecidas como Identificação Automática e Captura de Dados (AIDC). Os métodos AIDC identificam automaticamente objetos, recolhem e inserem dados diretamente em sistemas de computadores com pouca intervenção humana.

RFID é a sigla utilizada para definir “Identificação por Radiofrequência” (do inglês “*Radio-Frequency Identification*”). É um método de identificação automática que permite o registo de dados num chip, que se designa, em inglês, por *tags*, Fig. 11. Cada *tag* pode fornecer uma hiperligação que possibilita o acesso à edição e armazenamento de informação. A comunicação entre a *tag* e o leitor é feita por radiofrequência. Uma *tag* RFID pode ser alimentada energeticamente por um dispositivo portátil, nomeadamente um leitor de *tags* RFID. [25]

O sistema RFID foi criado durante a Segunda Guerra Mundial, para identificar a origem dos aviões que surgiam no radar detetado por este dispositivo. Esse sistema, designado por IFF, *Identify Friend or Foe* (Identificador de Amigo ou Inimigo), consistia em aplicar um transmissor em cada avião aliado. Desta forma, esses transmissores recebiam as ondas dos radares, respondiam com outro sinal para se identificarem como sendo aliados. Esta é a filosofia da tecnologia RFID, é enviado um sinal para uma *tag*, o qual é ativado e envia outro sinal de volta (sistema passivo) ou transmite o seu próprio sinal (sistemas ativos).

Com o desenvolvimento do sector da construção e consequente aumento das exigências face aos parâmetros de Qualidade, houve a necessidade de criar sistemas automáticos de identificação. Apesar do sistema mais conhecido ser o Código de barras, nas últimas duas décadas, a tecnologia de identificação por radiofrequência tem sido utilizada na indústria da construção, principalmente no controle das diversas fases do processo ao longo do tempo de vida útil do edifício, desde o seu dimensionamento até à sua fase de manutenção. O sistema RFID é uma tecnologia baseada na troca de informações por meio de sinais eletromagnéticos. É um sistema que, devido à sua capacidade de identificar e rastrear objetos, está a ser implementada por diversas indústrias, nomeadamente da aviação, construção e *facility management*, saúde, automóvel, logística, têxtil, entre outras. [26] Este sistema

pode ser equiparado ao sistema utilizado nos códigos de barras, ou ao mais recente, QR Codes. Porém, o RFID tem várias vantagens sobre estes dois sistemas no que toca a características de resistências físicas e mecânicas de cada um deles. Contrariamente ao que acontece nos sistemas de Código de Barras ou QR Codes, a informação registada numa *tag* RFID pode ser lida fora da linha de visão.

O RFID é um termo que abrange uma ampla gama de tecnologias que juntos oferecem um meio de ler e/ou escrever informações, sem contacto, em *tags* que podem ser fixadas numa vasta gama de componentes ou materiais de construção. Estes dispositivos são constituídos por um microchip de silício e antenas que lhes permitem responder aos sinais de rádio enviados por um transmissor.



Figura 11 *Tag* RFID

Atualmente os padrões para o sucesso de uma Gestão de Projeto são cada vez mais exigentes. Tal exige que as equipas de Gestão de Projetos, face a uma questão, tomem uma decisão para definir os materiais, a mão-de-obra e a tecnologia com base nas informações disponíveis. A partilha de informação é a base para o sucesso de uma Gestão de Projetos. Como tal, é importante que as informações sobre os materiais, a tecnologia de execução e a localização estejam disponíveis no momento adequado e em tempo real para apoio da tomada de decisões.

Hoje em dia, tal como acontece com a Gestão de Projetos de construção e com os requisitos de Qualidade, existe também um aumento da complexidade dos projetos de construção, do cumprimento dos prazos, dos recursos a materiais pré-fabricados, pelo que há uma necessidade de se obter informações em tempo real, com melhor visibilidade e rastreabilidade. A tecnologia RFID pode ser um sistema implementado na indústria da construção e pode aumentar a eficiência e a Qualidade na Construção, nas diversas fases da obra. [27]

A capacidade de memória de uma *tag* RFID passiva pode variar entre os 128 e 256 bytes, enquanto que a ativa pode variar entre os 32 e 138 KB. A leitura da informação contida nas *tags* pode ser feita de forma simultânea, aumentando assim a eficiência do processamento de informações. Em comparação com o código de barras ou QR Code e com o sistema de banda magnética, em que, contrariamente ao que acontece com a tecnologia RFID, ambos os casos exigem um contacto direto entre o dispositivo e o leitor. Como referido anteriormente, esta tecnologia utiliza diversas frequências de rádio para a inserção e recolha de dados. Estas frequências estão divididas em três tipos: baixas, altas e ultra-altas que podem variar entre 125 KHz a 5,875 GHz. [27]

3.2. SISTEMA DE IDENTIFICAÇÃO AUTOMÁTICA RFID

3.2.1. ELEMENTOS CONSTITUINTES DO SISTEMA RFID

Uma *tag* RFID é composta por um chip que armazena dados e uma antena integrada que tem como função a transmissão de dados. Por sua vez, um sistema RFID é constituído por um transmissor de dados ou leitor que está conectado a uma antena e um conjunto de *tags* que permitem o armazenamento de informação. A *tag* comunica com um computador através de uma aplicação informática que tem como funcionalidade gerir a informação armazenada nas mesmas, figura 12.

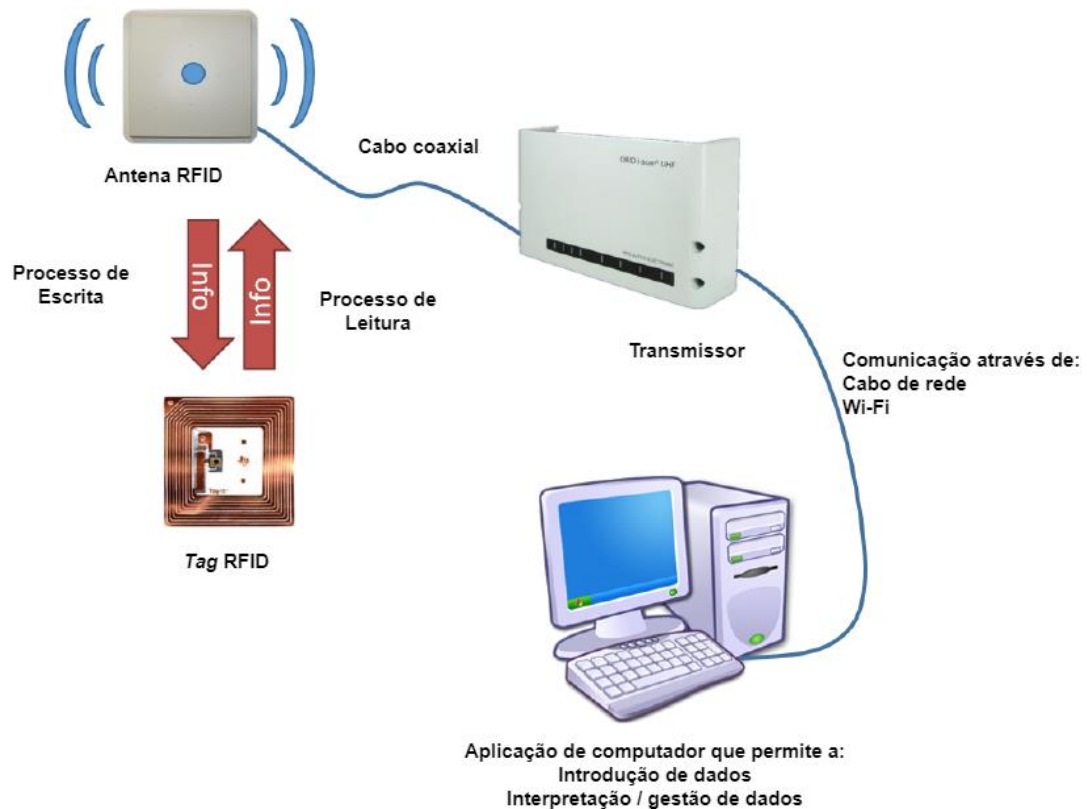


Figura 12 Sistema Tecnológico RFID [26]

3.2.2. TIPOLOGIA DE TAGS RFID

Uma *tag* RFID consiste num circuito eletrónico integrado, que armazena e processa a informação, adapta o sinal de rádio e usa a energia proveniente do leitor para o seu funcionamento. Além disso, também é composta por uma antena de rádio para transmitir e receber o sinal de rádio. Estes elementos são revestidos por um material protetor que mantém as peças unidas e protege-as de várias condições ambientais. A tipologia de material protetor varia consoante o destino de aplicação das *tags*.

Existem três tipos de *tags* RFID: Passivas, Semi-Passivas e Ativas. A principal diferença entre ambos consiste essencialmente, na fonte de energia de cada uma delas. A primeira não tem nenhuma fonte de energia para a comunicação sem fios e o último possui fontes de energia instaladas no seu interior.

3.2.2.1. TAGS PASSIVAS

As *tags* passivas são as mais comuns e as menos dispendiosas. Estes dispositivos não possuem nenhuma fonte própria de energia. A sua fonte de energia provém do leitor de RFID, quando este lhes envia um sinal. O alcance da leitura das *tags* passivas pode atingir os 15 m. Do ponto de vista económico, são as mais baratas comparativamente às *tags* anteriormente mencionadas e cumprem os requisitos gerais. [26]

Podem funcionar em baixa frequência, alta frequência e muito alta frequência. Os de baixa frequência variam funcionam entre os valores de 124, 125 ou 135 kHz, os de alta frequência a 13,56 MHz e os de muito alta frequência funcionam numa gama entre 860 a 960 MHz.

As soluções com este tipo de identificação são normalmente encontradas dentro da cadeia alimentar, para gerir o inventário de um armazém e a monitorização de mercadorias de entrada e saída, controlo de acesso, identificação de equipamentos, entre outros.

O desempenho da *tag* RFID passiva depende essencialmente da dimensão da antena que a constitui. Naturalmente, quanto maior for a antena, mais energia esta pode captar e armazenar para que seguidamente possa enviar a informação. Naturalmente, quanto maior forem as antenas maior é o raio de alcance, pelo que a faixa de leituras é mais abrangente.

3.2.2.2. TAGS SEMI-PASSIVAS

A fonte de energia da bateria destas *tags* tem origem no leitor quando este lhe transmite um sinal. O alcance da gama de frequência de sinal destes dispositivos depende do formato da antena existente na mesma e da potência do leitor utilizado. São mais pequenos que as *tags* ativas e possuem mais funcionalidades que as *tags* passivas por possuírem energia própria.

3.2.2.3. TAGS ATIVAS

As *tags* ativas têm uma fonte de alimentação incorporada e esta bateria têm a possibilidade de captar energia solar para o seu funcionamento a qualquer instante. A fonte de alimentação interna permite de forma autónoma que a *tag* transmita informação para um leitor sem a necessidade de extrair energia do próprio leitor. A vida útil destas baterias pode variar entre os cinco e dez anos, consoante a intensidade da frequência que está estabelecida para a troca de informação.

Devido à elevada intensidade de radiofrequência que estas *tags* emitem têm a capacidade de apresentarem um bom desempenho em ambientes isolados, desde que não esteja em contacto com líquidos ou metais. O alcance das *tags* ativas podem atingir os 100 m.

Quadro 4 Comparação entre os tipos de *tags*

	ATIVAS	PASSIVAS	SEMI-PASSIVAS
ALCANCE	Até 100m	Até 15m	Até 60 - 80m
FONTE DE ENERGIA	Bateria incorporada	Energia fornecida dos leitores	Liga-se através de um sinal emitido
CUSTO	> 30	1	> 20
ARMAZENAMENTO	Extensível e varia a capacidade	Entre 512 bytes até 4 KB	Extensível e varia a capacidade
VELOCIDADE DE TRANSFERÊNCIA DE DADOS	Até 128 KB/s	Até 1 KB/s	Até 16 KB/s
TEMPO DE VIDA	Até 10 anos	Ilimitado	Mais de 6 anos

3.2.3. Tipos de FREQUÊNCIAS DE RÁDIO PARA COMUNICAÇÃO E PARTILHA DE INFORMAÇÃO

A comunicação entre uma *tag* RFID e o leitor é estabelecida através de antenas de rádio. Como existem três tipos de *tags* com características distintas entre si, também existem várias frequências de rádio para as suas comunicações com o leitor que variam com a distância entre o sistema RFID e os componentes ou materiais de construção cujo estão associados a uma *tag*. O Quadro 5 distingue os diferentes intervalos de frequências e a distância de alcance. [26]

Quadro 5 Tipologias de *tags*

GAMA DE RÁDIO-FREQUÊNCIAS	FREQUÊNCIA DE ALCANCE	DISTÂNCIA DE ALCANCE
(125-150) KHZ	Baixa Frequência (LF)	< 2 m
13,56 MHZ	Alta Frequência (HF)	< 20 cm
(433-928) MHZ	Ultra-Alta Frequência (UHF)	433-864 MHz < 100 m 865 – 928 MHz < 2 m
(2,45 – 5,8) GHZ	Microondas	< 1 m
(3 – 10,5) GHZ	Banda ultra-larga	< 10 m

3.2.4. APLICAÇÃO DO SISTEMA DE PARTILHA DE INFORMAÇÃO COM BASE NA LEITURA DE PARA O CONTROLO DE QUALIDADE NA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO

O controlo através de RFID começa por considerar as propriedades dos componentes de construção, podendo dispensar-se o seu aspeto físico uma vez que as suas características estão inscritas nas *tags*. Através deste sistema, é possível ter acesso direto à informação indexada e efetuar o respetivo controlo. O sistema que integra RFID é viável na perspetiva de efetuar o controlo da qualidade à distância dos componentes aplicados em obra. Como por exemplo, o benefício de ter a capacidade de introduzir e obter informação que consta na *tag* enquanto que esta está inserida num local de difícil acesso numa obra. Alguns procedimentos da indústria da construção são semelhantes aos de outras indústrias, todavia existem características que são específicas a este sector. O Quadro 6 resume a evolução da implementação da tecnologia RFID no setor da construção.[28-35]

3.3. COMPARAÇÃO DE SISTEMAS DE IDENTIFICAÇÃO AUTOMÁTICA

A tecnologia RFID foi introduzida pela primeira vez para substituir o código de barras para identificação de objetos. O Quadro 7 resume as vantagens desta tecnologia face ao sistema de Código de Barras. [27] O sistema RFID, comparativamente a outros sistemas com funcionalidades semelhantes, tem uma maior capacidade de armazenamento de dados.

Quadro 6 Evolução cronológica da tecnologia RFID na Construção

Evolução da Tecnologia RFID na indústria da Construção	1995	Edward J. Jaselskis Mary Rose Anderson Charles T. Jahren Yvan Rodriguez Steven Njos	Análise dos potenciais da aplicação da tecnologia RFID na construção, incluindo o processo e execução de betão, o registo dos custos associados à mão-de-obra, equipamentos e controlo de materiais.
	2006	Goodrum, P. M. McLaren, M. A. Durfee, A.	Utilização da tecnologia RFID para o rastreio das ferramentas em sites de construção.
	2007	Domdouzis, K. Kumar, B. Anumba, C.	Aplicações da RFID na indústria da construção, nomeadamente no rastreio automático em equipamentos e materiais hidráulicos.
	2008	Tzeng, C. T. Chiang, Y. C. Chiang, C. M. Lai, C. M.	Estudo da influência das possíveis combinações de RFID com os materiais de decoração de interiores.
	2008	Lung-Chuang, Wang	Recurso da tecnologia RFID para melhorar a fiscalização e gestão da Qualidade da Construção
	2008	Sangyoon Chin Suwon Yoon Cheolho Choi Changyon Cho	Desenvolvimento de um sistema de informação para apoiar a gestão ao nível da logística e do processo com base na estratégia de combinar a tecnologia RFID e os desenhos em formato Cad 4D.
	2009	Won-Suk, Jang Skibniewski, M. J.	Desenvolveram um sistema integrado para rastrear os materiais e componentes de construção, combinando as frequências de rádio e ultra-som.
	2009	Dziadak, K. Kumar, B. Sommerville, J..	Desenvolveram um modelo para a localização 3D dos componentes de construção enterrados com recurso à tecnologia RFID.
	2009	Yin, Samuel Y. L. Tserng, H. Ping Wang, J. C. Tsai, S. C.	Criaram um sistema de Gestão de produção de componentes pré-fabricados utilizando a tecnologia RFID.

Quadro 7 Comparação de sistemas de Identificação Automático

	RFID	Código de Barras ou QRCode
<i>Velocidade de introdução e obtenção de informação</i>	Rápido	Lento
<i>Capacidade de Armazenamento</i>	Superior	Inferior
<i>Facilidade em criar cópias indevidas</i>	Menor	Maior
<i>Facilidade de acesso à informação – leitura do sistema</i>	Maior	Menor
<i>Custo do sistema</i>	Inferior	Inferior
<i>Acessibilidade à localização do sistema</i>	Superior	Inferior
<i>Possibilidade de introdução de informação</i>	Sim	Não

4

MODELO PROPOSTO

4.1. INTRODUÇÃO

Uma gestão bem definida e eficaz no fornecimento dos materiais em estaleiro, previamente selecionados no projeto de construção, pode reduzir significativamente o custo final da obra, melhorar o desempenho da sua execução e, conseqüente, cumprimento dos prazos contratualizados. Na fase de execução de obra, por vezes existem perdas de equipamentos dispendiosos, pelo que é importante ter conhecimento da sua localização no decorrer da obra. A Construção Civil é uma indústria que tem presente o risco iminente de acidente, pelo que a segurança dos trabalhadores deve ser uma preocupação para as empresas neste setor. A demonstração da conformidade com a regulamentação exige recursos e custos. Estas questões podem ser abordadas no uso da tecnologia de identificação por radiofrequência

O terceiro capítulo da presente dissertação expõe as características físicas e funcionais de uma *tag* RFID. Neste capítulo pretende-se aplicar estas funcionalidades em benefício do Controlo de Qualidade no sector da construção, facilitando o fluxo de informação acerca dos componentes e materiais de construção nas quatro fases de controlo, com os correspondentes intervenientes da obra em cada fase e que seja compatível com um *software* de gestão de Qualidade.

A identificação por Radiofrequência é uma tecnologia que está em fase crescente no setor da Construção. Nesta indústria, esta tecnologia é atualmente aplicada na Gestão de Cadeia de Fornecimento (também conhecida como Gestão da Cadeia Logística), Segurança em Obra e em pequenas aplicações de Componentes Construtivos. Este conceito teve origem na indústria automóvel, nomeadamente na *Toyota*. A Gestão da Cadeia de Fornecimento pode ser definida como uma estratégia para maximizar os benefícios e a eficiência de toda a rede de fornecimento de materiais ou equipamentos que são efetuados numa obra. Este método integra um dispositivo que permite a troca de informações entre dois sistemas. Esta tecnologia pode alterar a prática atual da construção, pois é um sector que necessita de eliminar as incertezas relativamente ao fornecimento dos materiais/componentes de construção, melhorar a eficiência para que o prazo e o orçamento contratados sejam cumpridos. A sua implementação em obra deve ser efetuada pela equipa de fiscalização desde o início do Controlo de Obra. Caso a empresa de Construção ou Gestão de Projetos disponha de uma equipa de IT (*Information Technology* – Tecnologia de Informação) ou de logística, podem ser estas a desempenhar a função. O Sistema RFID possibilita beneficiar das suas capacidades, tendo em conta as respetivas limitações, com uma visão mais abrangente do negócio e projetos em que a empresa está envolvida.

O sector da construção é uma indústria em que a Garantia Qualidade depende do fluxo de informação entre os intervenientes em obra e do registo da mesma. O presente capítulo tem como objetivo propor a um *software* de Gestão de Qualidade a implementação de um controlo de Qualidade com recurso à

tecnologia RFID. Esta tecnologia permite o Controlo de Qualidade dos componentes e materiais de construção em 3 níveis, nas fases de fabrico, execução de obra e no final da obra:

- Espécie
- Tecnologia
- Localização

Atualmente, a maior parte da informação é partilhada através de correio eletrónico, nomeadamente o registo dos materiais aprovados e as não conformidades em obra. A *tag* RFID permite o armazenamento de atributos de um determinado componente, a tecnologia aplicar e o local onde deverão ser aplicados em obra.

A equipa de fiscalização disponibiliza as *tags* RFID, onde constam toda a informação relativamente a um componente, aos fabricantes. Deverá ser contratualizado que os fabricantes têm que colocar as *tags* nos componentes a serem entregues em obra e verificar a conformidade das características dos mesmos.

Na fase de receção dos componentes/materiais de obra no estaleiro, o empreiteiro deverá verificar se os atributos visuais registados na *tag* RFID correspondem material entregue. A fase de execução de obra foca-se na colaboração e partilha de informação entre o fornecedor de materiais (poderá ser o Fabricante ou o Revendedor) e o empreiteiro, com o objetivo de efetuar uma Gestão eficaz na fabricação, fornecimento e entrega em obra dos materiais e componentes em estaleiro. Para uma recolha e partilha de informação mais eficiente e em tempo real, a presente dissertação apresenta um modelo em que essa Gestão possa ser realizada com recurso a tecnologias de informação e comunicação que integra dispositivos de RFID. Após o controlo efetuado quando o material ou componente é entregue no estaleiro de obra, o empreiteiro terá que efetuar o controlo da tecnologia aplicada em cada componente aquando da sua aplicação, de acordo o projeto.

A equipa de fiscalização fará o Controlo da conformidade, com base na leitura da informação registada na *tag* RFID, ao nível da espécie, da tecnologia aplicada e da localização. A figura 13 representa a proposta de modelo que consiste no desenvolvimento de um *software* onde são introduzidos os atributos de um componente, para cada nível de Controlo. Esta aplicação tem a capacidade de trocar informação com o *software* para verificar ou atualizar atributos, como representado na fase 1. Na fase seguinte esses atributos são registados na *tag* RFID, para que o interveniente de cada fase da obra possa efetuar a leitura da informação inserida na *tag*, como indicado nas fases 2 e 3. A última fase consiste na associação da leitura da informação inserida na *tag* RFID ao *software*, este irá efetuar a correspondência aos atributos inicialmente inseridos na fase 1.

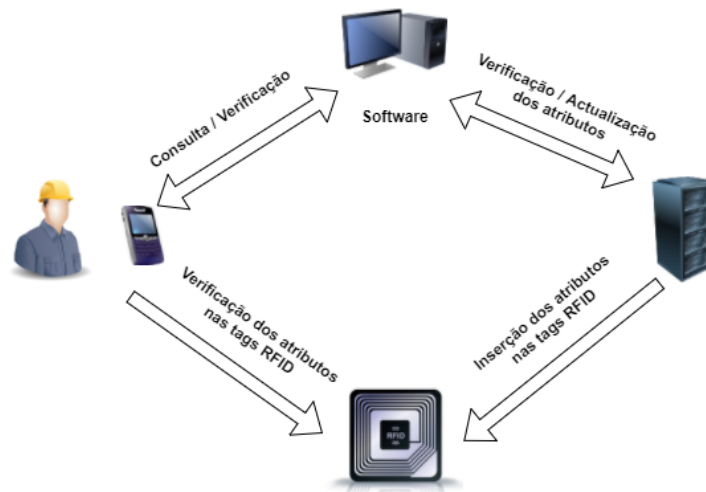


Figura 13 Estrutura geral da Proposta de Modelo

A figura 14 sintetiza através de um fluxograma a proposta elaborada nesta Dissertação para o controlo de Qualidade com recurso à tecnologia RFID e sintetiza o fluxo informação desde o momento da aplicação da *tag* no componente até à obtenção ou não da correspondência das especificações contratuais descritas no Mapa de Tarefas e Quantidades. Esta procedimento, auxilia no preenchimento das Fichas de Controlo de Conformidade, facilita o fluxo de informação entre todas as equipas integrantes no projeto e, conseqüentemente, facilita no cumprimento da Qualidade em obra. A informação disponível, para a proposta a apresentar no próximo capítulo, deve incluir o mapa de tarefas e quantidades, espécie dos materiais ou componentes, respetiva localização e tecnologia.

Ao implementar este sistema, é necessário que a equipa de controlo de Qualidade tenha o conhecimento prévio acerca da disponibilidade das *tags*, por parte do fabricante ou fornecedor dos componentes de construção. A leitura das *tags* RFID pelos diferentes intervenientes nas três fases de controlo, pode ser feito a partir de um leitor próprio para o efeito ou por um *smartphone* que possua a tecnologia NFC (*Near Field Communication* – Comunicação por Campo de Proximidade), consoante a tipologia de *tag* que se aplicar no ativo. A equipa de Gestão de Qualidade deve introduzir o mapa de tarefas e quantidades no *software* de controlo de Qualidade, para que em cada fase de controlo os atributos verificados nas *tags* RFID façam uma correspondência automática aos especificados no mapa de tarefas e quantidades. Esta correspondência auxilia na automatização do preenchimento das Fichas de controlo de conformidade.

4.2. PLANO DE IMPLEMENTAÇÃO DO SISTEMA RFID NA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO – PROPOSTA DE MODELO

O ambiente e as condições de trabalho variam de obra para obra, pelo que, para aplicar um sistema RFID é necessário adaptá-lo a cada uma das situações. São diversos os materiais e componentes de construção contemplados no Mapa de Tarefas e Quantidades e utilizados em obra e têm que ser adequados ao ambiente em que a construção se encontra, ou seja, como o clima varia consoante a localização da obra, a solução adotada também varia conforme se o trabalho é executado num ambiente interno, externo ou enterrado.

De acordo o descrito no capítulo anterior, um sistema RFID é composto por um leitor equipado com uma antena de rádio e várias *tags*. A capacidade de armazenamento de informação, a localização da sua aplicação em obra, o tipo de *tag* e a definição da sua frequência dependem de vários critérios,

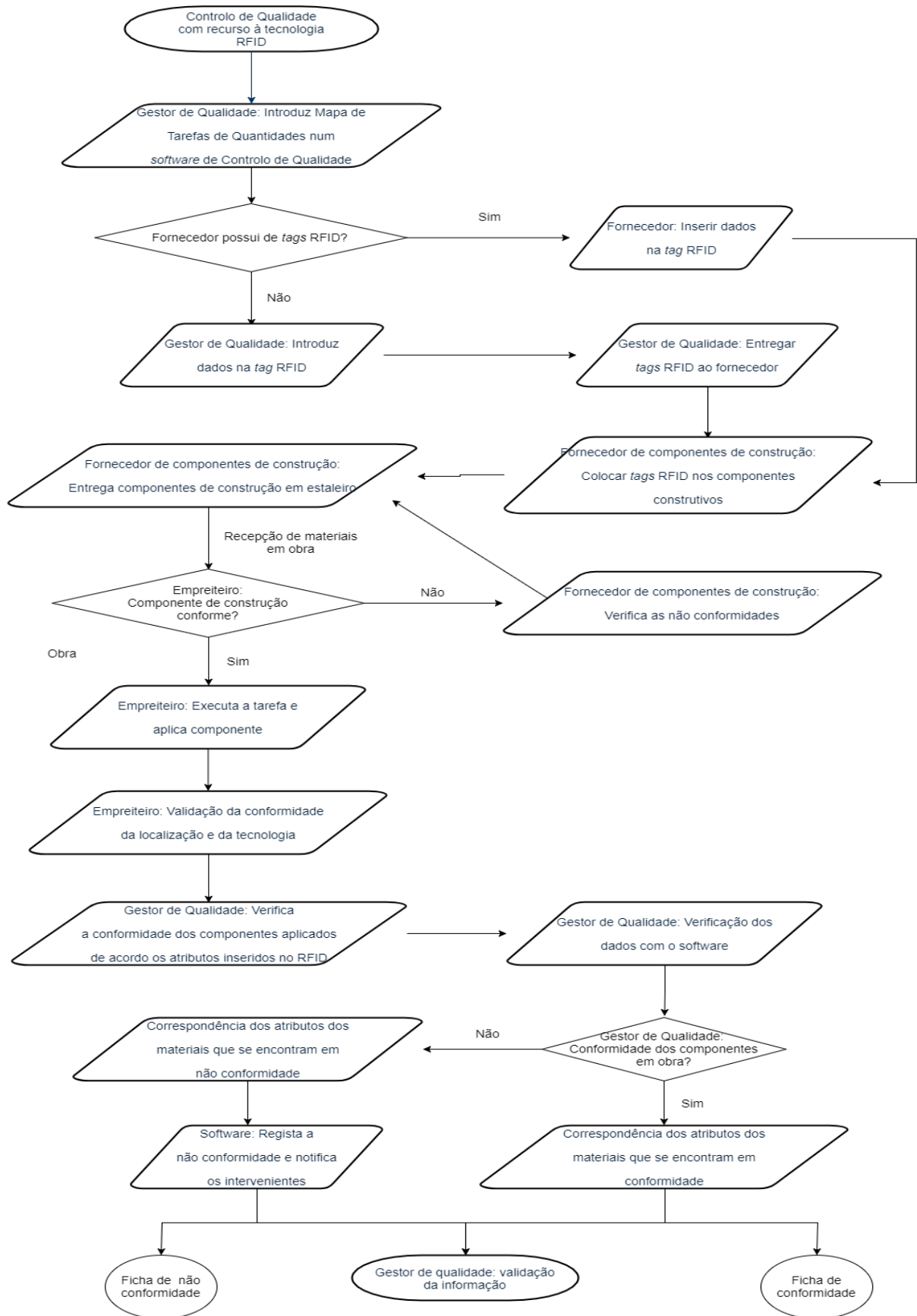


Figura 14 Fluxograma do Sistema de informação

nomeadamente, da necessidade de edição do conteúdo inscrito na *tag* e da respetiva privacidade, da distância de leitura, da aplicabilidade do material ou componente em obra e do leitor da *tag*.

O tipo de material dos componentes cujo lhas é aplicado uma *tag* RFID pode interferir com a funcionalidade do dispositivo, pelo que é importante avaliar a influência da combinação de materiais e as tags RFID. Por exemplo, as superfícies metálicas tendem a amplificar o sinal.

Segundo Jaselskis e El.Misalami, uma *tag* passiva deve ser aplicada com cerca de 1 cm numa superfície metálica. Caso estas sejam colocadas numa distância inferior, então devem considerar-se os procedimentos de anticollisão. Para além deste cuidado a ter, caso haja na periferia fontes eletromagnéticas com uma frequência semelhante à *tag* do sistema, então devem haver considerações específicas para estes casos. [26]

O Controlo de Qualidade tradicional em que o registo é feito manualmente e é uma tarefa demorada. Para uma maior eficiência deste controlo, para que sejam cumpridos os requisitos exigidos pelo Dono de Obra, relativamente às características previstas para os materiais ou componentes de construção, é importante que haja um controlo dos mesmos em todas as fases da obra com recurso à tecnologia RFID e com o devido suporte de uma aplicação informática. O Controlo de Qualidade no sector da construção é essencial para detetar possíveis erros, que implicam um impacto económico no orçamento inicialmente previsto. Cerca de 5% a 10% do custo final da obra devem-se à resolução de erros ocorridos aquando da execução da obra. Estes erros devem-se a fatores humanos combinados com uma ineficiente supervisão do processo construtivo.

Para além do Controlo de Qualidade em obra, o sistema RFID contribui para facilitar e automatizar as tarefas de manutenção de edifícios. O ciclo de vida útil de um edifício está diretamente relacionado com a sua manutenção, tanto em edifícios novos que em edifícios reabilitados. O final de uma obra corresponde ao início do prazo de manutenção de um empreendimento. Para uma boa prática de manutenção de edifícios, é importante que sejam efetuadas vistorias periódicas a determinados elementos e proceder a reparações ou substituições, caso se justifiquem. A gestão de informação, com recurso ao sistema RFID, permite a partilha de informação entre estas duas fases, execução de obra e manutenção do edifício, pode melhorar a gestão do edifício. Desta forma, a identificação dos materiais ou componentes de construção monitorizados é efetuada de forma automática, pelo que há uma redução de erros e tempo de execução de tarefas. A informação do estado de cada elemento, armazenada na *tag* RFID, pode ser útil para controlar a condição do componente em tempo real e gerir a sua manutenção de forma sequencial.

A presente proposta tem como objetivo prático de apresentar um modelo em que, com recurso aos dois dispositivos apresentados no capítulo anterior, seja possível inserir a informação de um material ou componente de construção num *software*. No caso do sistema RFID, esta informação tem origem nos dados enviados por uma *tag* quando um leitor está dentro de uma área de alcance dos sinais emitidos pela *tag*.

Cada componente será submetido a quatro níveis de controlo nas três fases da obra. A figura 15 mostra os pontos de registo e leitura, que são considerados como os pontos de verificação da *tag* RFID. Também ilustra o percurso dos componentes que contém uma *tag* RFID ao longo das diversas fases de processo. Os materiais são armazenados, pela primeira vez no armazém e são transportados para o local de obra ao longo do desenvolvimento do processo de construção até que este se conclua. Portanto, o processo inicia-se na fase de fabrico onde, idealmente, o fabricante deverá colocar uma *tag* RFID no material ou componente de construção; no entanto, as *tags* podem ser fornecidas pela equipa de fiscalização para que o fabricante as coloque nos respetivos materiais.

Com base num estudo efetuado referente à gestão da vida útil dos materiais com recurso à tecnologia RFID [6], adaptou-se esse sistema para o âmbito da presente dissertação. Assim sendo, existem quatro momentos neste modelo em que se deve introduzir registos da informação, respetivos a cada fase, acerca das características do componente para que o controlo de qualidade seja efetuado de forma eficaz:

1. Entre a fase de fabrico (S1) e a fase em que o componente está armazenado para expedição (S2), são introduzidos dados no *software*, acerca da espécie do componente. O *middleware*, ou seja, o leitor de *tags* RFID tem a funcionalidade de converter a informação e efetuar a comunicação entre o *software* e a *tag* (T1).
2. Entre a receção do componente em obra (S3) e na entrada em estaleiro (S4). Neste momento o Empreiteiro deve verificar se a informação que foi inserida na fábrica (T1) corresponde ao previsto no projeto e inserir atualização dos registos nesta fase, nomeadamente o local em que o componente tem de ser aplicado. Analogamente à primeira fase, o *middleware* traduz a informação entre o *software* e a *tag* (T2).
3. Após a validação dos atributos dos ativos recebidos em estaleiro, caso estes se encontrem em conformidade, o empreiteiro pode proceder à execução da tarefa. Após as fases de montagem e aplicação, (S6) e (S7), o empreiteiro terá de efetuar novo controlo e validar as características ao nível da tecnologia de aplicação (T3).
4. Entre as fases de aplicação do componente em obra (S7) e utilização/manutenção (S8), por sua vez, a equipa de fiscalização de obra deve verificar, consoante a informação inserida na fase anterior (T3), se o componente foi aplicado com a tecnologia mais apropriada e no local previsto em projeto. No entanto, tem sempre de verificar os dois controlos efetuados anteriormente relativamente à espécie do material. Nesta etapa, a fiscalização pode inserir novos dados (T4).

É esta troca de informação que vai sincronizar com o software. O programa deve estar preparado para efetuar a correspondência entre os dados inseridos e validados na *tag* com a informação contida na aplicação informática. Automaticamente, o *software* deve reconhecer as conformidades e as não conformidades.

A leitura da informação contida na *tag* pode ser efetuada em qualquer momento de cada uma das fases do processo, fabrico, execução e utilização de obra. Na figura 15, a informação é lida no armazém para expedição (R1); na fase de receção do material ou componente em obra (R2), na entrada em estaleiro (R3), no momento em que o componente sai do estaleiro para ser aplicado em obra (R4), na montagem do componente (R5), quando está a ser aplicado no local (R6) e ao longo da utilização do componente (R7). Porém, as 3 fases de controlo são feitas na fase de expedição do material (R1), na fase de receção de materiais ou componentes em obra (R2) e na respetiva montagem (R5).

Nas etapas que separam duas fases consecutivas, é efetuada uma leitura e introdução de dados da fase anterior. Desta forma, na fase de expedição do material (R2), como se trata de uma etapa que separa a fase de fabrico da fase da obra, efetua-se a respetiva leitura para inserir os dados introduzidos em T1 na base de dados da obra. A leitura na fase de receção do material ou componente em obra (R2) e a leitura na entrada em estaleiro (R3), pode ser considerada como sendo um processo único. Se a informação se refere à ausência ou presença de materiais no local, os dois processos de leitura podem ser associados uma vez que não há alterações entre estas fases. Com estes dados torna-se possível efetuar a atualização da informação (T2) respeitante à fase de obra. Note-se que a informação contida entre R3 e R6 mantém-se constante ao longo desta fase. No final da fase de obra, efetua-se nova introdução de dados, com atualização do registo sobre o componente (T3). No início da utilização da obra, é feita uma leitura (R7) para inserir os dados, introduzidos em T3, no *software*.

Com este modelo, a Gestão da Informação promove a sustentabilidade dos materiais e auxilia o desenvolvimento de um sistema de informação eficiente para a construção, possibilitando um fluxo de informação entre as diferentes fases da construção.

4.2.1. APLICAÇÃO DE TAGS RFID NOS MATERIAIS OU COMPONENTES DE CONSTRUÇÃO

Os materiais e os componentes de construção correspondem a mais de 50% do custo de uma obra e os métodos existentes para geri-los, de forma geral, dependem das aptidões do Gestor de Obra. Quanto maior for a complexidade de uma obra, mais suscetível estará a situações com maior descontrolo do fornecimento e aplicação dos materiais ou componentes em obra. Para reduzir esta possibilidade é aconselhável planejar e gerir a logística dos materiais devido ao facto de estes afetarem diretamente o plano de execução de trabalhos e, conseqüentemente, o custo da obra. A falta de ativos quando são necessários em obra para a execução de uma tarefa, a identificação inadequada dos materiais, o reabastecimento e o armazenamento inadequado são algumas das causas de atrasos ou trabalhos a mais desnecessários. Esta falta de provisionamento, pode causar uma perda na produtividade do ritmo de trabalho e um aumento nos custos totais da obra. O sector da construção é conhecido internacionalmente como uma indústria que envolve muitos trabalhadores e é muito dependente da partilha de informação. Esta partilha entre as diversas equipas intervenientes num projeto, é um processo diário do processo de construção até à sua conclusão. Nas últimas duas décadas, os sistemas de informação em tempo real tornaram-se uma ferramenta muito importante para o auxílio da Gestão de Projetos.

Esta dissertação tem o objetivo de propor um modelo de Gestão da Qualidade em obra, nomeadamente o controlo dos materiais/componentes, tanto nas fases de fabrico e de construção de obra como na possível utilidade que poderá vir a ter na fase de manutenção. Para o efetuar um devido controlo dos materiais ao longo de todas as fases, os mesmos têm que ter características que possibilitem a aplicação de uma *tag*, pelo que não se torna necessário a respetiva aplicação em todos os materiais que serão colocados em obra. A implementação da tecnologia RFID como ferramenta numa Gestão de Obra automatizada, pode verificar-se um aumento da produtividade e uma eficiência nos custos, para além de reduzir o extravio de materiais. A automatização da identificação e monitorização dos materiais de construção fornecem informações relevantes sobre os mesmos face ao Mapa de Tarefas e Quantidades de um Projeto.

A tecnologia RFID possibilita a oportunidade de detetar os materiais ou componentes de construção que têm associados uma *tag* a alguns metros de distância e é possível obter informações e efetuar atualizações sobre as mesmas em tempo real.

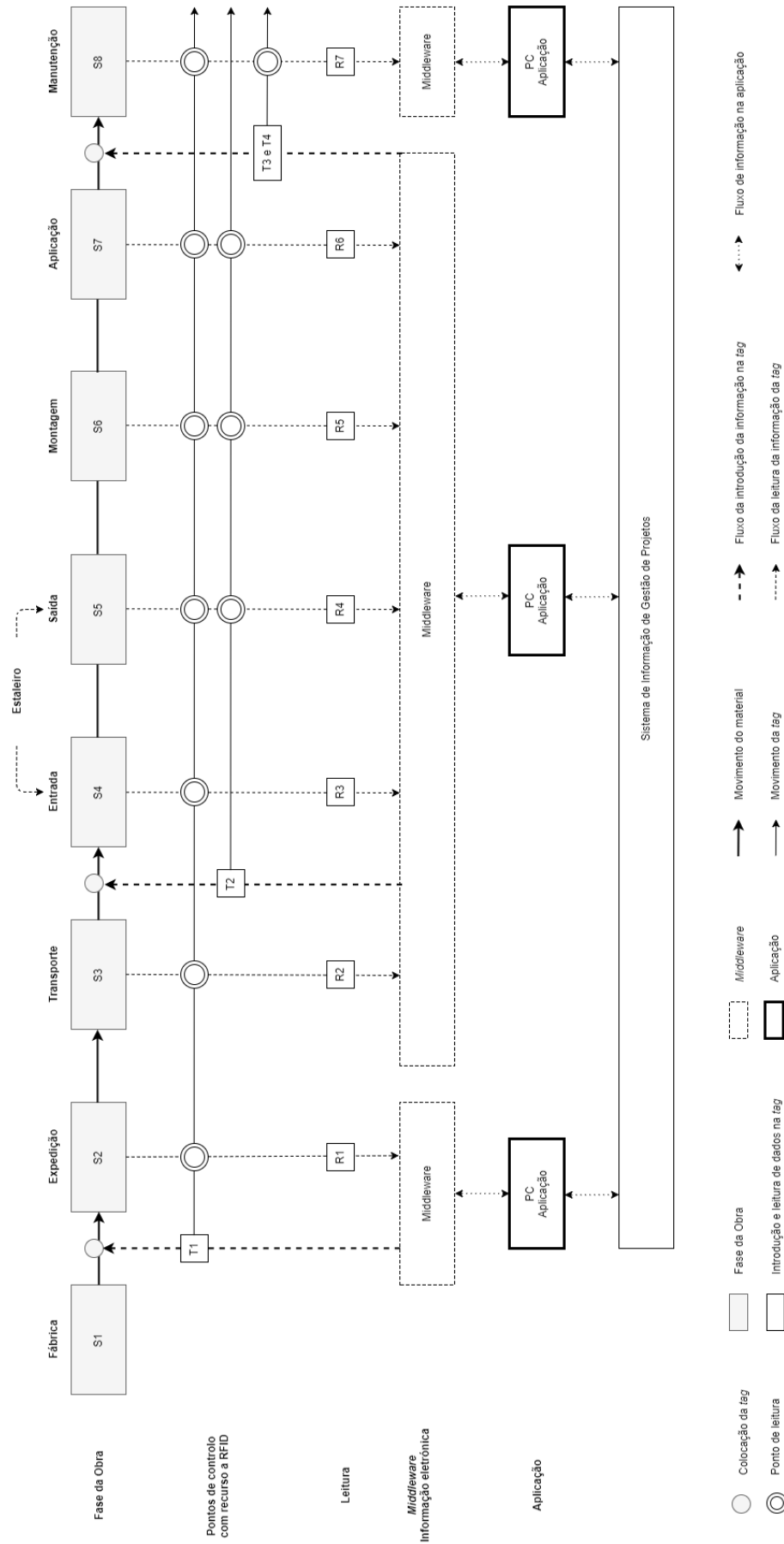


Figura 15 Modelo Proposto

4.2.2. TIPOLOGIA DE APLICAÇÃO DE TAGS RFID NOS MATERIAIS OU COMPONENTES DE CONSTRUÇÃO

Existem materiais de construção que não apresentam características favoráveis à aplicação de *tags* RFID. Como tal, para estabelecer em que tipos de materiais é possível aplicar uma *tag*, esta proposta agrupa alguns exemplos materiais ou componentes de construção. Esses exemplos estão mencionados na figura 16 que especifica também, com base no modelo proposto, o momento de controlo com recurso à tecnologia RFID. A classificação do controlo de cada material está dividido hierarquicamente por 3 níveis: tipo de aplicação da *tag*, localização e duração.

O primeiro nível de controlo corresponde ao modo de aplicação da *tag* RFID num material ou componente de construção. Os materiais podem ser divididos por dois tipos: DTM, do inglês *Direct Tagged Material* e ITM, *Indirect Tagged Material*.

- DTM - Colocação direta da *tag* no material ou componente. Estas *tags* são, preferencialmente, colocadas na fase de fabrico.
- ITM - Colocação indireta da *tag* no componente

Quando a *tag* é colocada diretamente no componente de construção (DTM), por sua vez, pode ser aplicada de duas formas: STM, *Single-Tagged Material*, e MTM, *Multi-Tagged Material*

- STM – Aplicação de apenas uma *tag* RFID num material ou componente em fábrica.
- MTM - São aplicadas mais do que uma *tag* num material ou componente.

A aplicação de somente um transmissor é indicado essencialmente para componentes de construção, tal como paredes divisórias removíveis, caixilharias, portas. A temática desta dissertação é o Controlo e a Gestão da Qualidade, pelo que para a proposta a apresentada considera apenas a aplicação de uma *tag* - STM. A aplicação de várias *tags*, MTM, geralmente está associada a materiais que necessitam de um segundo processo de fabrico, como é o caso do aço ou do ferro. Este procedimento é relevante para a fase de fabrico, em que a composição e a morfologia dos materiais ou componentes podem ser manipulados e é importante, para este tipo de controle, colocar uma *tag* em cada fase.

Por sua vez, a aplicação indireta da *tag*, ITM, pode ser classificada por: VTM, do inglês *Vehicle-Tagged Material*; PTM, *Pallet-Tagged Material*; KTM, *Packagins-Tagged Material*:

Na tipologia ITM podem ser classificadas de três formas:

- VTM – Quando a *tag* é aplicada em meios de transporte para monitorizar a localização dos materiais ou componentes.
- PTM – A *tag* é colocada em paletes com vários materiais.
- KTM – A *tag* é aplicada na embalagem dos materiais.

A metodologia inserida em VTM consiste na monitorização dos veículos que transportam materiais desde a fabrica até à obra, por exemplo, o betão feito em fábrica é transportado para a obra num veículo apropriado. A *tag* deste veículo também tem um dispositivo de GPS que permite acompanhar o percurso do transporte, saber as condições do betão, a hora em que o veículo saiu da fabrica e registar a hora da receção do betão em obra. O controlo com o recurso a este tipo de aplicação é interessante para a Gestão de armazém

O PTM consiste no controlo da quantidade de componentes existentes numa paleta entregue em obra. Para tal, é necessário definir a quantidade máxima de uma paleta de um determinado componente e a respetiva a unidade, para no ato da receção confirmar se a quantidade solicitada coincide com a

quantidade que consta na paleta entregue. Nestas *tags* pode-se inserir características da paleta, nomeadamente, peso, quantidade e volume dos componentes ou materiais.

As *tags* para a metodologia KTM são aplicadas na embalagem do material cujo é possível indicar a quantidade, o peso e o volume dos materiais.

O segundo nível desta classificação distingue se a aplicação da *tag* é aplicada em Fábrica ou no local de Obra. Para um controlo mais eficiente o ideal é a *tag* ser colocada nos materiais ou componentes em fábrica e esta dissertação irá basear-se neste tipo de aplicação.

O terceiro nível está relacionado com a duração que a *tag* permanecerá em obra. Esta classificação permite tomar uma decisão sobre qual *tag* mais adequada para cada tipo de material, com base na resistência da mesma. Neste nível, a aplicação da *tag* no material ou componente pode ser permanente, removível ou temporário.

No âmbito do modelo proposto, considera-se apenas que o controlo dos materiais será efetuado com a aplicação de apenas uma *tag*. Esta poderá ser colocada diretamente no material ou componente ou aplicada nas paletes ou embalagens.

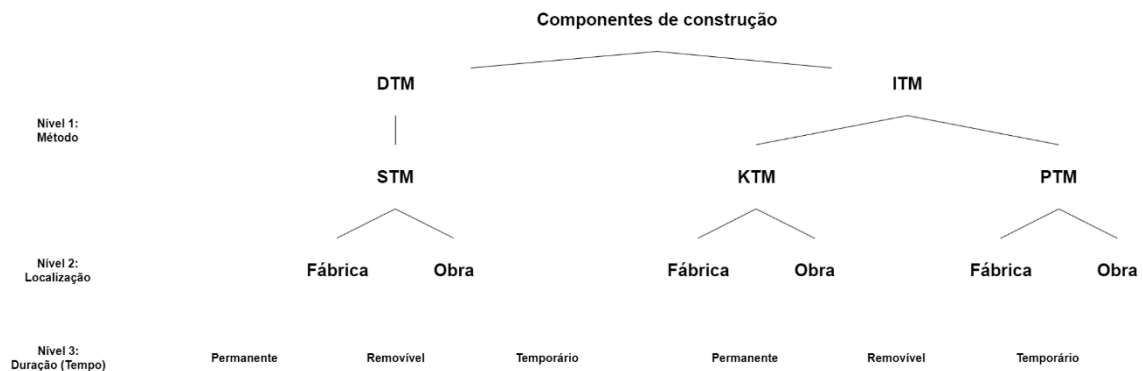


Figura 16 Tipo de informação a colocar nas *tags* RFID [6]

4.2.3. TIPOLOGIA DE MATERIAIS OU COMPONENTES DE CONSTRUÇÃO ONDE SÃO APLICADAS AS TAGS RFID

A figura 17 explicita o fluxo de informações entre as fases de controlo através da verificação com recurso à tecnologia RFID, para três tipos de aplicação mencionados no subcapítulo anterior, correspondendo alguns materiais ou componentes e, com base na figura 15 [6], mostra quais são os momentos para o Controlo de Qualidade.

A título de exemplo, as paredes divisórias removíveis, tais como painéis de gesso cartonado ou paredes divisórias tipo Portalex, as caixilharias ou as portas são exemplos de componentes que estão relacionados com a montagem em obra. Outros materiais ou componentes, como o cimento de cola, o tijolo ou o cerâmico, as *tags* são aplicadas indiretamente nas embalagens ou nas paletes para que o controlo seja efetuado de forma imediata. Neste sentido, é necessário considerar as características das embalagens e as formas de cada material.

Dentro da família do STM, as paredes divisórias removíveis, as caixilharias e as portas, são constituintes do empreendimento que podem ser verificados até à fase de Manutenção, para efeitos de registo histórico da construção. Com base na figura 15, esta fase corresponde à T3 e R7. O fluxo informação deste tipo de aplicação, tem início a partir do momento em que a *tag* RFID é aplicada individualmente, em fábrica, em cada material ou componente e termina na fase de Manutenção. Para os materiais ou componentes

de construção cuja a aplicação da *tag* é feita de forma indireta, PTM e STM, são processos mais simples, comparativamente, à aplicação direta das *tags*.

Desta forma, o controlo de obra com recurso à tecnologia RFID envolve cinco critérios de avaliação: o material ou componente de construção submetido a controlo, os parâmetros a avaliar, fluxo de informação e um sistema RFID. Um sistema RFID tem de identificar os atributos, nomeadamente as características da espécie dos materiais ou componentes de construção, onde aplicar e em que momento, bem como o estado em que se encontram. Cada ponto de verificação da *tag* RFID, listada na figura 15, estabelece o método de gestão e controlo da obra. Os trabalhadores da obra, o empreiteiro, as empresas do setor da construção, as equipas de Engenharia das diversas especialidades e a equipa de Arquitetura e Projetistas são os utilizadores deste sistema que gerem a informação sobre os materiais ao longo das diferentes fases do seu ciclo de vida.

4.3. FASES DE CONTROLO COM BASE NO MODELO PROPOSTO

Existem quatro fases de controlo durante o processo de construção. A primeira ocorre quando o fornecedor tem disponível todo o material adjudicado para enviar para o local de obra, figura 18. Antes de sair da fábrica, o fornecedor deve efetuar o controlo e verificar a conformidade dos atributos especificados na nota de encomenda com os atributos dos componentes de construção que constam na *tag* RFID. Após esta verificação, deve efetuar o registo e validação da conformidade. Desta forma, com esta metodologia de controlo são atribuídas responsabilidades no âmbito da função de cada interveniente. Nesta fase, apenas será feito o controlo relativamente à espécie do componente, isto é, verificar se as características físicas e mecânicas do componente que será enviado para obra, correspondem ao solicitado.

Quando os componentes ou materiais de construção são rececionados em estaleiro, o empreiteiro deve efetuar a leitura da *tag* RFID e verificar se os atributos relativamente à espécie, previamente validados pelo fornecedor, correspondem aos especificados no mapa de tarefas e quantidades, figura 19. Após esta verificação os componentes podem seguir para obra para que a tarefa seja executada conforme a tecnologia de aplicação e a localização previstas em contrato.

O terceiro momento de controle ocorre após a execução da tarefa, figura 20. O empreiteiro deve efetuar nova leitura da *tag* e validar a tecnologia de aplicação do componente de construção em obra e se o mesmo foi aplicado no local pretendido. Nesta fase o empreiteiro pode registar informações ou soluções que tenham sido adotadas e que não estavam previstas. Este registo é importante para a fase de manutenção da obra. A validação da tarefa, para além dos atributos em análise, tecnologia e localização, estará associada à data e hora do registo, ao trabalhador que executou a verificação.

A importância da implementação deste sistema desde a fase de fornecimento do material pelo fornecedor adjudicado para a obra, figura 21, consiste em alcançar uma maior obtenção de informação em tempo real e controlar os atributos solicitados. Desta forma, há a possibilidade de melhorar a eficiência operacional.

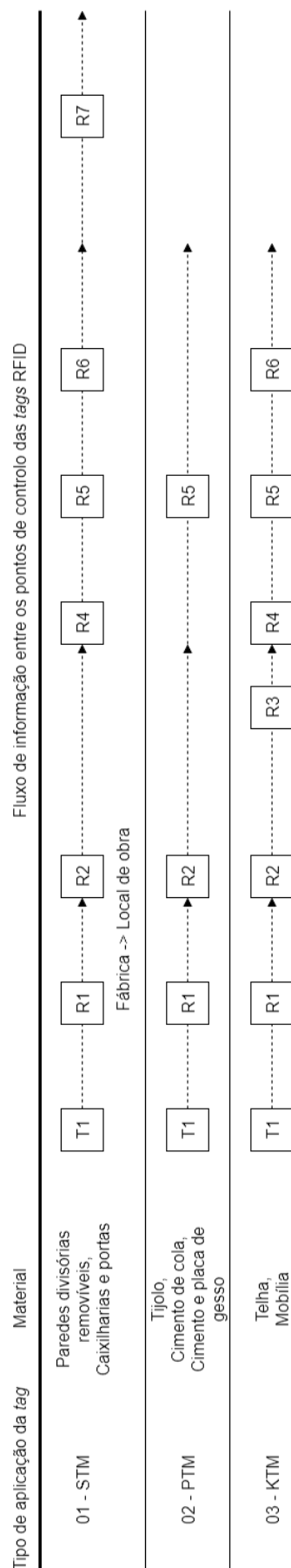


Figura 17 Tipo de aplicação de tags RFID e de materiais ou componentes de construção [6]

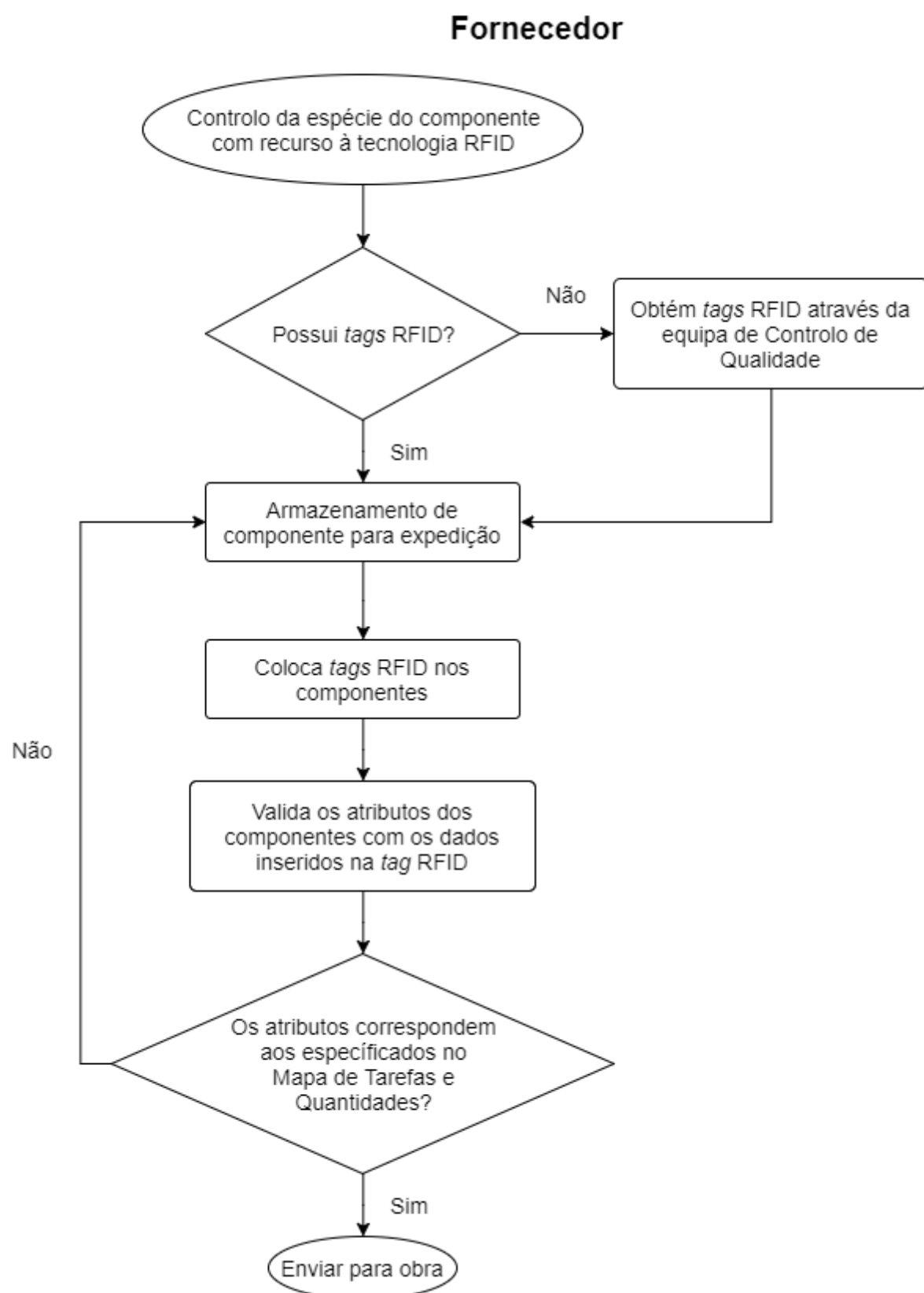


Figura 18 Fase de Controlo em Fábrica

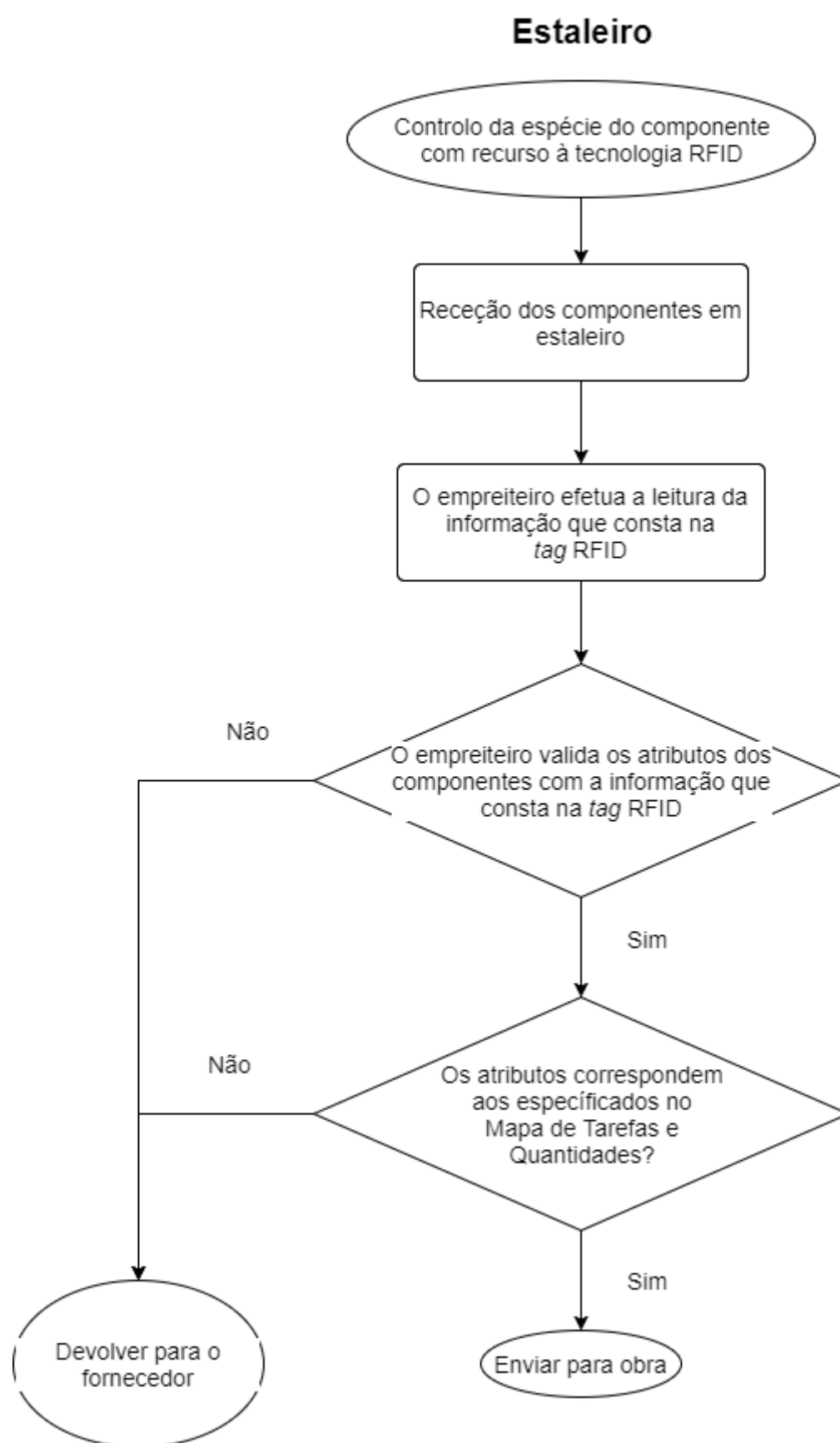


Figura 19 Fase de Controlo em Estaleiro

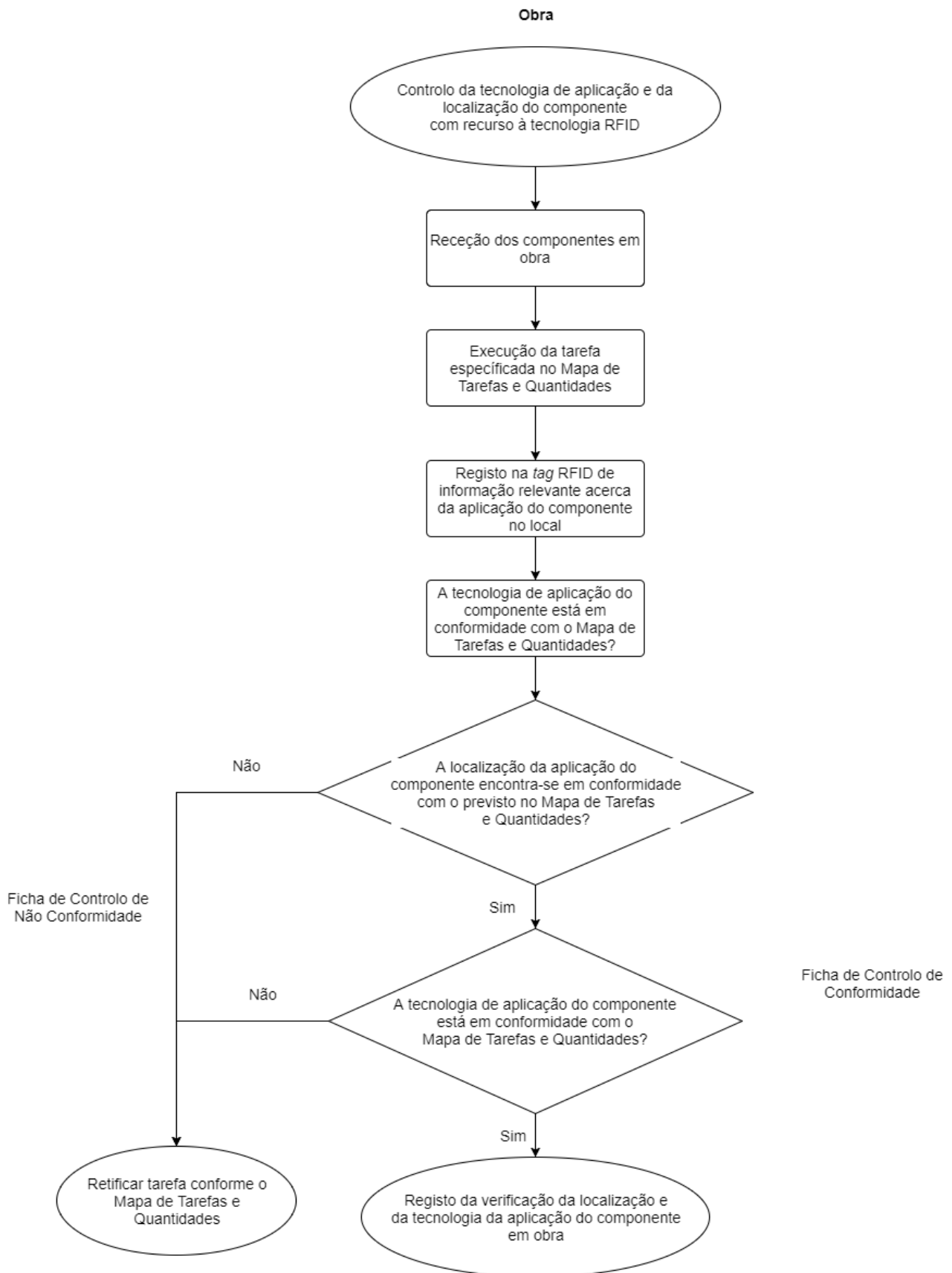


Figura 20 Fase de Controlo em Obra

Gestão de Controlo de Qualidade

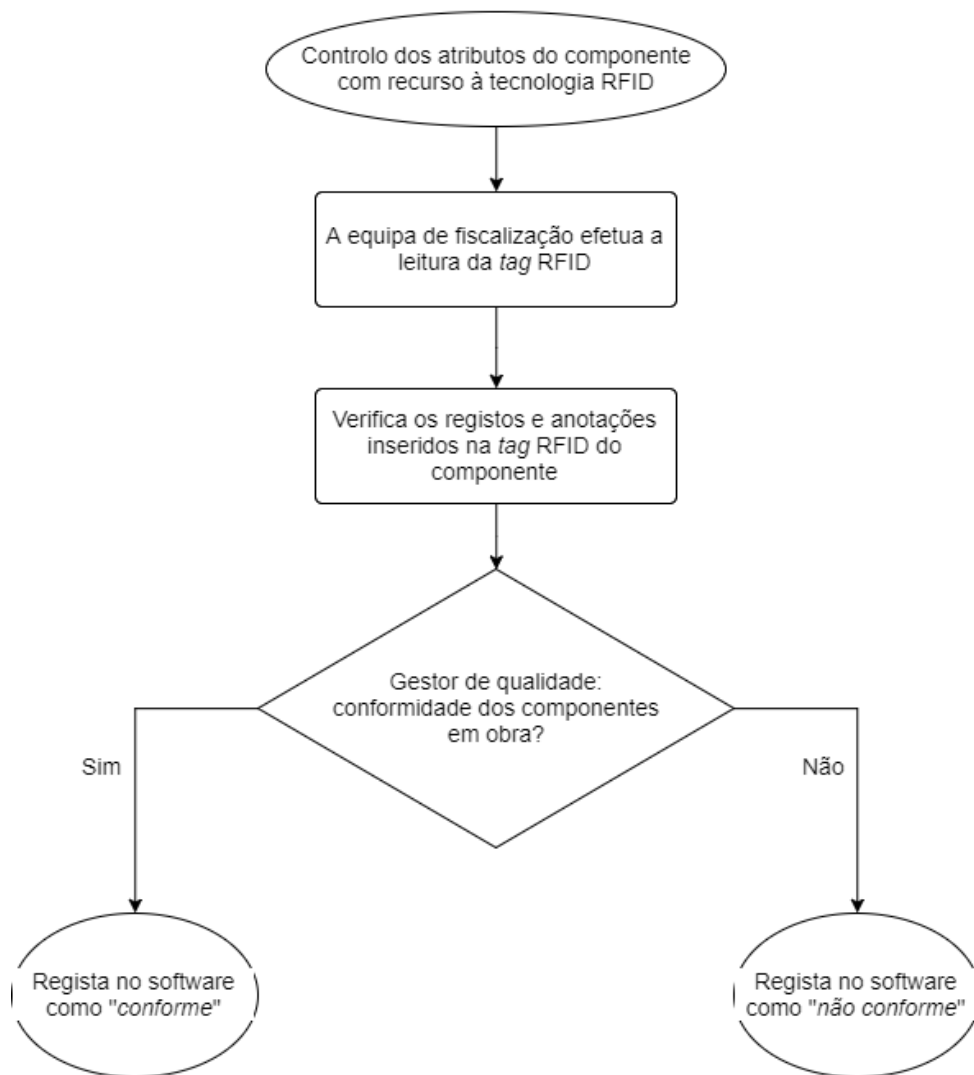


Figura 21 Fase de Controlo de Qualidade

4.3.1. FLUXO DE INFORMAÇÃO

A figura 22 representa o fluxo de informação entre os intervenientes e a aplicação de RFID; mostra como é partilhada a informação entre todas as equipas envolvidas no projeto, os principais intervenientes e as aplicações RFID.

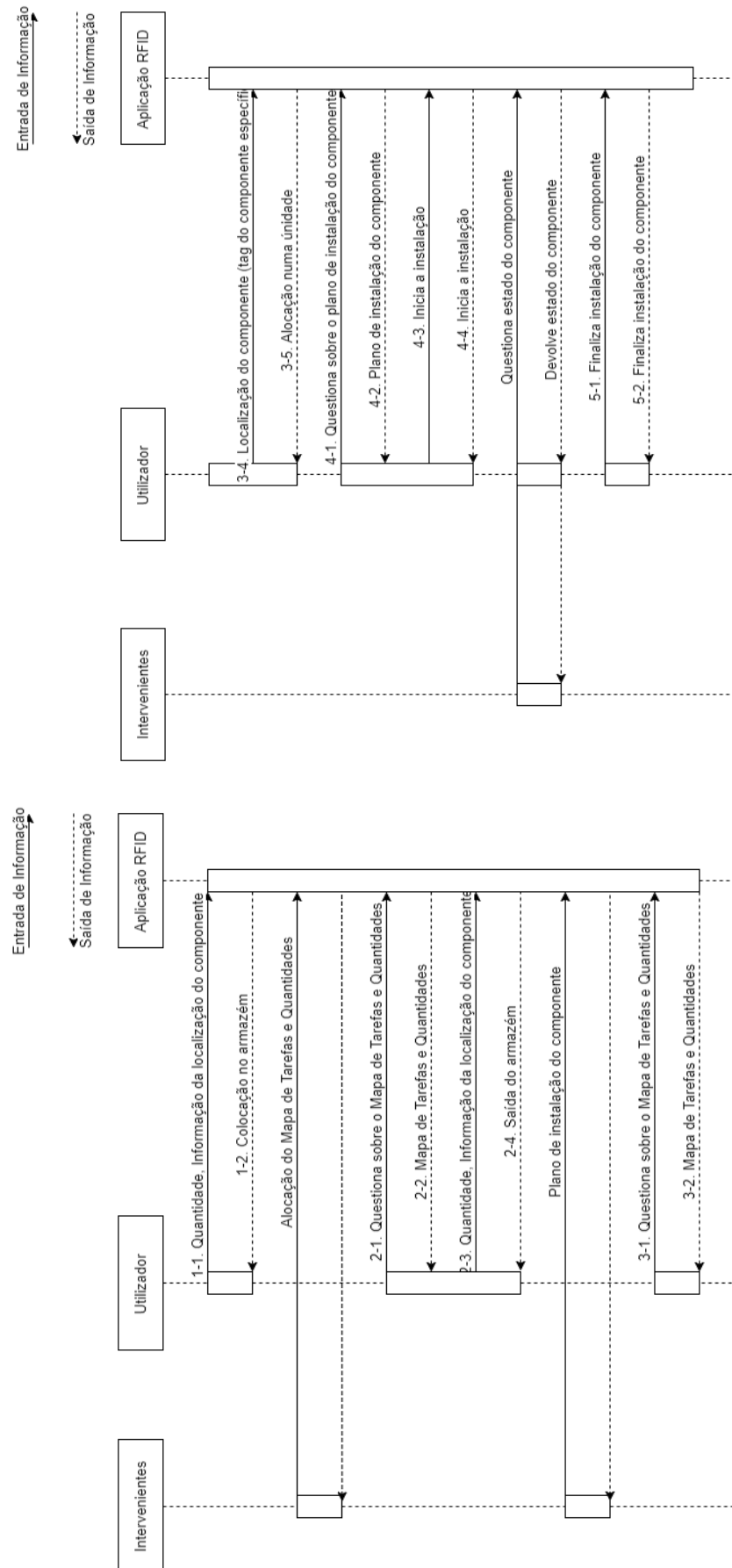


Figura 22 Fluxo de Informação [6]

5

IMPLEMENTAÇÃO DO SISTEMA RFID NUM SOFTWARE DE GESTÃO DE CONTROLO DE QUALIDADE

5.1. INTRODUÇÃO

Com base na proposta descrita no capítulo anterior, este capítulo ilustra a sua implementação num *software* da natureza de Gestão de Controlo de Qualidade, tal como o SICCO.

O SICCO é uma aplicação informática desenvolvida pelo Eng.º Rui Bessa, que integra desde a fase de planeamento de tarefas e rotinas por parte da equipa de Gestores de Controlo de Qualidade até à fase final da obra. O controlo de Qualidade ao longo de toda esta extensão permite analisar os resultados obtidos e o desempenho da obra, associada a fichas de Controlo de Conformidade. Apesar de o programa ainda estar em desenvolvimento, já apresenta várias funcionalidades desde a criação de modelos de fichas de controlo de conformidade até à avaliação do desempenho dos empreiteiros e subempreiteiros. De uma forma mais detalhada, este programa permite a:

- “Criação de modelos de Fichas de Controlo de Conformidade
- Diferentes níveis de controlo para os diferentes pontos de controlo nas fichas a criar
- Criação de planos de trabalhos a controlar
- Associar fichas a planos de conformidade e respetivas rotinas de inspeção
- Anexar documentação técnica e registo fotográfico às respetivas fichas
- Gestão e tratamento de não conformidades
- Envios de notificações em tempo real a intervenientes em obra
- Medição de performance de empreiteiros, subempreiteiros e fichas de controlo
- Diferentes níveis de acesso” [36]

A organização da página inicial deste *software* referente às configurações a incluir no programa de preparação de obra. O painel integra cinco menus, figura 23:

- Obras
- Fichas de Controlo de Conformidade
- Gestão de utilizadores
- Definições

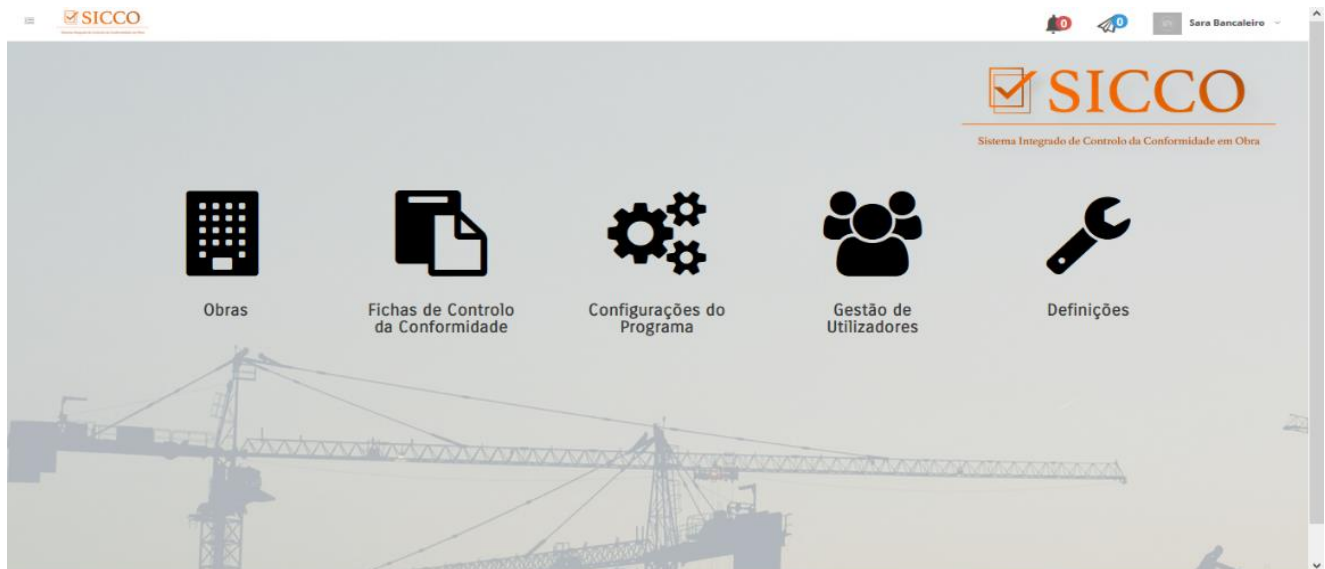


Figura 23 Página inicial do SICCO

O desenvolvimento deste capítulo irá debruçar-se sobre o primeiro item do painel inicial, “Obras”, nomeadamente nos campos que podem sofrer adaptações para receber dados oriundos do sistema RFID. Na sua essência, este compartimento permite a introdução de informações numa obra específica na qual se pretende trabalhar. O segundo menu, “*Fichas de Controlo de Conformidade*”, é possível aceder ao banco de fichas de controlo de conformidade já criadas e ainda a criar novas fichas. As “Configurações do Programa” permite ao utilizador do programa criar modelos para fichas de controlo, estabelecendo níveis de controle de obra que serão associados aos respetivos pontos de controlo; para além destas funcionalidades, permite ainda gerar capítulos e conjugá-los com as tarefas a executar. No penúltimo menu, “Gestão de Utilizadores”, o Gestor de Controlo de Qualidade pode gerir os utilizadores que têm acesso às informações disponibilizadas numa determinada obra. Por fim, no campo das “Definições” são introduzidas as informações relativamente ao administrador, nomeadamente, identificação, contatos e morada.

5.2. ANÁLISE DO SOFTWARE E PROPOSTA DE IMPLEMENTAÇÃO DO SISTEMA RFID

5.2.1. PAINEL INICIAL DO MENU “OBRAS”

Quando se acede ao menu “Obra”, a aplicação remete para uma lista onde constam as obras que estão introduzidas no programa e permite ainda criar novas obras para que estas se agrupem consoante a equipa de Gestão de Controlo de Qualidade responsável. Quando se seleciona a obra que se pretende gerir, o programa reencaminha para um painel constituído por oito campos de introdução e registo de informação da obra anteriormente selecionada, figura 24. Estes oito campos, importantes para a descrição de toda a gestão da Qualidade da obra estão dispostas de forma sequencial, com o objetivo da organização dos inputs introduzido pelos Gestores de Qualidade:

- “*Configurações de Obra*”
- *Plano de Trabalhos*
- *Banco de Fichas de Obra*
- *Plano de Conformidade*
- *Rotinas de Inspeção*

- *Não Conformidades*
- *Pendências*
- *Biblioteca Geral de Obra*



Figura 24 Campos de registo de informação de uma obra - SICCO

5.2.1.1. “CONFIGURAÇÕES DE OBRA”

No primeiro item do menu “Obras”, “Configurações de Obra”, o *software* permite ao Gestor de Qualidade de inserir os dados Gerais da Obra (nome e local), Cliente, Empreiteiro, Subempreiteiros e dos membros que integram a equipa de Gestão de Qualidade, figura 25. O Gestor de Qualidade pode restringir o acesso de outros intervenientes, tais como, cliente, empreiteiro ou subempreiteiro e até mesmo fiscais, a algumas informações inseridas na aplicação. O acesso a estes dados somente é possível com a permissão do mesmo.

CONFIGURAÇÕES DA OBRA

Configurações da Obra

Dados Gerais da Obra

Nome * Deve preencher um nome

Local * Deve preencher um local

Guardar Alterações

Utilizadores com Acesso

Escolher

Cliente * Deve escolher um cliente

Cliente, Unipessoal

Empreiteiro Geral * Deve escolher o empreiteiro geral

Garcia e Garcia, SA

SubEmpreiteiros * Deve escolher os subempreiteiros

AVAC, Lda

Responsável de Fiscalização * Deve escolher o Responsável de Fiscalização

Utilizador

Fiscal * Pode escolher os Fiscal

Selecione

Guardar Alterações

Figura 25 "Configurações de Obra" - SICCO

Neste sentido, a presente proposta consiste em inserir um campo para seleccionar o tipo de Gestão de Controlo de Qualidade, manual ou automático, figura 26. Se for seleccionada a hipótese manual, o controlo de obra decorre com introdução de dados de forma manual, tal como o SICCO procede até ao momento. Caso se opte pelo sistema automático, o *software* da natureza de Gestão de Qualidade, irá sincronizar automaticamente a informação introduzida no programa, na fase de preparação de obra, com os dados que constam numa *tag* RFID aplicada num determinado material ou componente de construção.

Figura 26 Seleção do tipo de Controle

5.2.1.2. “PLANO DE TRABALHOS”

O modelo atual apresentado pelo *software* em análise para o “Plano de Trabalhos”, figura 27, consiste na divisão de tarefas por fases, permitindo agrupar as tarefas por especialidade, cronologicamente, por fase de construção ou por qualquer ordem definida pela equipa de Gestão de Controlo de Qualidade. Após definir todas as fases da obra, associa-se as respetivas da obra provenientes do “Banco Geral das Fichas”, que consta no compartimento “Fichas de Controlo de Conformidade” do painel principal, figura 28. Como não existem duas obras exatamente iguais, há em cada uma a necessidade de se criar uma ficha de controlo de conformidade personalizadas consoante a descrição de cada empreitada. Este *software* permite essa edição no menu “Banco de Fichas de Obra”, figura 29.

#	NOME	CAPÍTULO	ENTIDADE EXECUTANTE	ESTADO	DATA PREVISTA	DATA INÍCIO	DATA CONCLUSÃO	%
1	Execução de Fachada	Revestimentos e Acabamentos	ISORODRIGUES	Por fazer	-/-/-	-/-/-	-/-/-	0%
2	Execução tecto falso	Revestimentos e Acabamentos	ISORODRIGUES	Por fazer	-/-/-	-/-/-	-/-/-	0%
3	Paredes Divisórias	Revestimentos e Acabamentos	ISORODRIGUES	Por fazer	-/-/-	-/-/-	-/-/-	0%

#	NOME	CAPÍTULO	ENTIDADE EXECUTANTE	ESTADO	DATA PREVISTA	DATA INÍCIO	DATA CONCLUSÃO	%
1	Execução de Pavimento	Estruturas de Betão Armado e Pré-Esforado	TPB - TECNOLOGIA EM PAVIMENTOS E CONSTRUÇÃO, SA	Por fazer	-/-/-	-/-/-	-/-/-	0%
2	Execução Muros de Berlim	Estruturas de Betão Armado e Pré-Esforado	Indubel - Indústrias de Betão, S.A.	Por fazer	-/-/-	-/-/-	-/-/-	0%

#	NOME	CAPÍTULO	ENTIDADE EXECUTANTE	ESTADO	DATA PREVISTA	DATA INÍCIO	DATA CONCLUSÃO	%
1	Instalação de Equipamentos	Instalações e Equipamentos	TROFILETRICA - ENERGIA E	Por fazer	-/-/-	-/-/-	-/-/-	0%

Figura 2727 "Plano de Trabalhos" - SICCO



Figura 28 "Banco Geral de Fichas" - SICCO

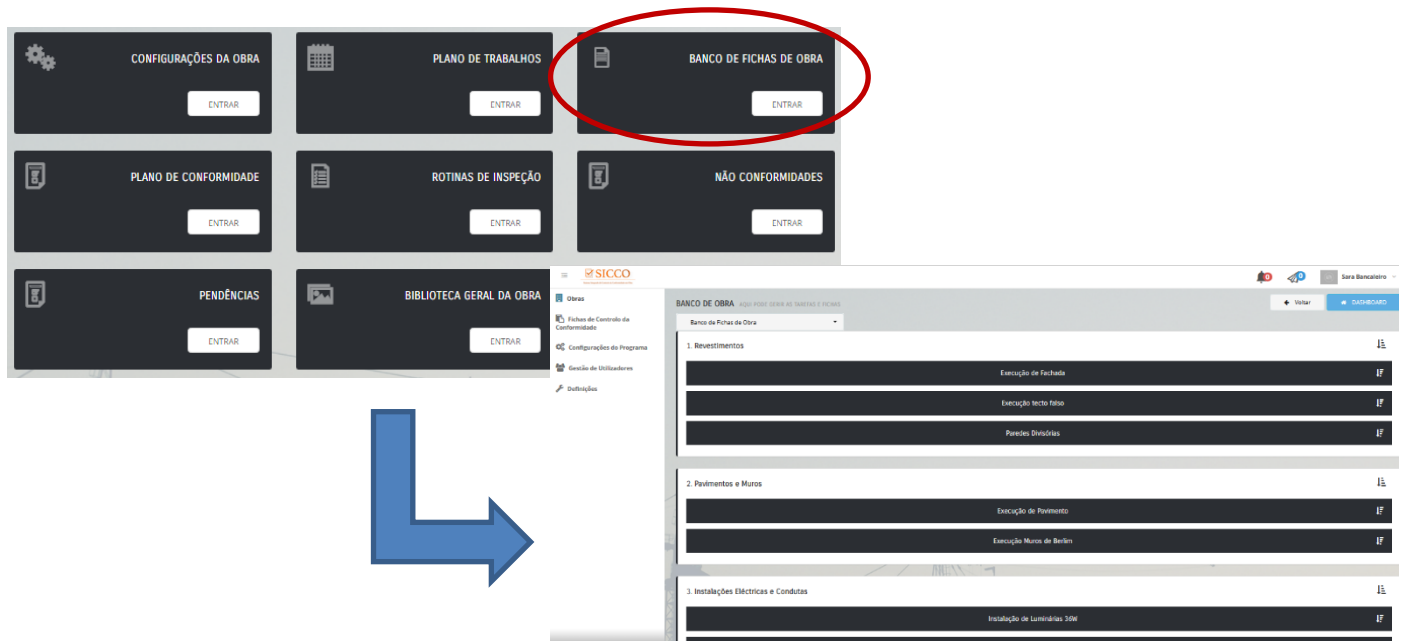


Figura 28 "Banco de Fichas de Obra" - SICCO

Para além da aglutinação das fichas de controlo de conformidade com as tarefas estipuladas, como se pode visualizar figura 27, este *software* ainda caracteriza o desenvolvimento da tarefa, tais como, a entidade que executa o trabalho, o estado em que a tarefa se encontra, por iniciar, iniciada ou concluída, a previsão para o início, a data real de início, data de conclusão e a percentagem de conclusão da tarefa. A presente proposta para este campo consiste na introdução automática do mapa de tarefas e quantidades, onde constam todos os atributos referentes a um material ou componentes de construção utilizado em cada uma tarefa incluindo o respetivo custo contratual orçamentado pelo empreiteiro a que foi atribuída a obra, figura 30.

5.2.1.3. "PLANO DE CONFORMIDADE"

No seguimento da ativação das FCC na sequencia anterior, é possível então agrupar as diferentes tarefas das diversas fases numa só rotina de inspeção, dependendo da forma de trabalhar de cada Gestor de Qualidade, figura 31. As rotinas de inspeção podem ser diárias, semanais ou mensais consoante o procedimento estabelecido para o controlo da obra. Para criar estas rotinas é necessário seleccionar as fichas de controlo de conformidade pretendidas, denominar a rotina pretendida e esta é enviada automaticamente para o menu subsequente, "Rotinas de Inspeção", figura 32.

Objeto: Empreitada: Marca: Ref. da Obra: Fiscalização:													
Ref.	Descrição	Un.	Quant.	Peça Duravelizar	Referência Fotográfica	P.U.	Total	Central de Gestão de Qualidade					
								Entidade Executora	Estado	Data Prevista	Data de Início	Data de Conclusão	%
5.2	Fornecimento e aplicação de porta pivotante em vidro com fixações em inox escovado tipo JNF, incluindo: fechaduras de pavimento para as portas JNF IN.81.120, mola de pavimento 21.2201, puxador IN.01.281.14.250 (2 un por porta), com as seguintes dimensões: Porta	vg	2,00										

Figura 29 Introdução do Mapa de Tarefas e Quantidades no "Plano de Trabalhos"

Figura 30 "Plano de Conformidade" - SICCO

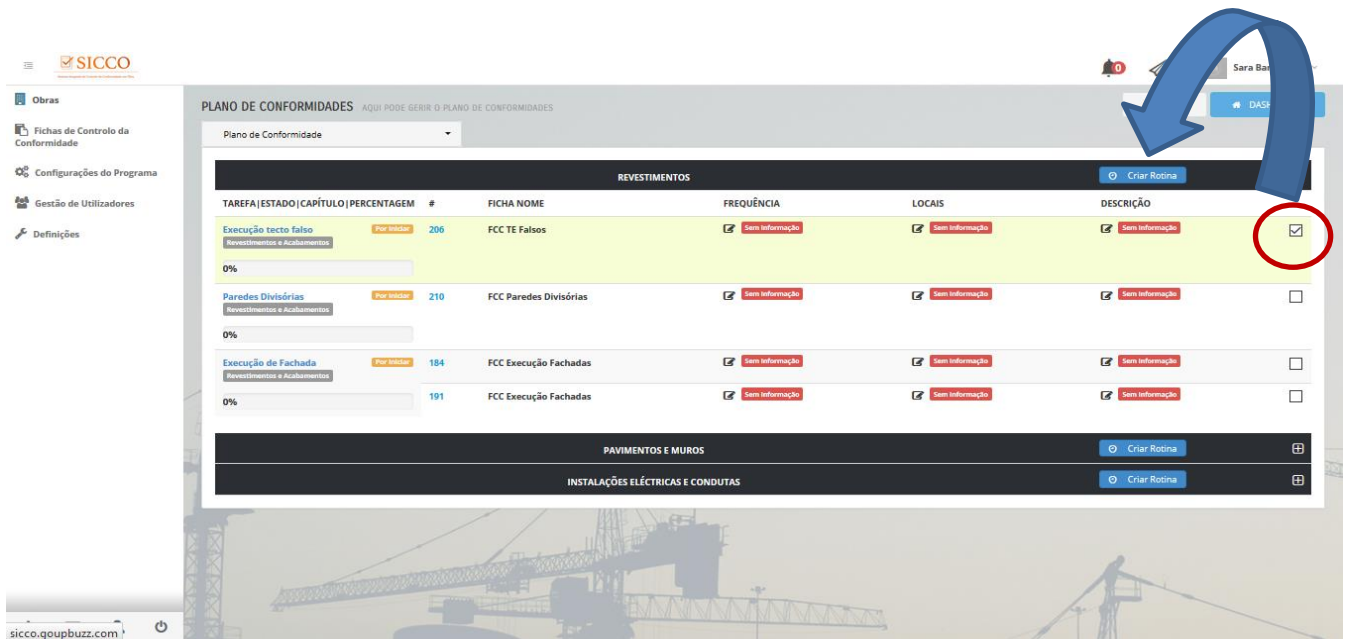


Figura 31 Conceção de Rotinas - SICCO

A automatização da Gestão do Controlo de Qualidade proposta tem início nesta fase. A figura 33 exemplifica uma disposição da informação contida numa *tag* RFID. A informação contida numa *tag* que é associada a um determinado componente ou material de construção integrante de uma dada tarefa, a proposta sugere em que o programa informático tenha a capacidade de automatizar o preenchimento dos campos “Locais” e “Descrição” constituintes do menu “Plano de Conformidade” conforme o que consta na *tag*, figura 34. Uma vez que os dados introduzidos na *tag* podem ser editados e vistos em tempo real, então a informação inscrita nestes campos do *software* é atualizada automaticamente.

	Tipo de tag : ISO 14443-4	:
	Tecnologias disponíveis IsoDep, NfcB	:
	Número de série 02:86:B0:7D	:
	Controlo pelo Fabricante Atributos da espécie	:
	Controlo à entrada da obra Atributo da espécie	:
	Controlo após a aplicação Atributo da localização	:
	Atributo da espécie	:
	Verificação pela equipa de fiscalização Verificação de todos os dados	:

Figura 32 Modelo de informação disponível numa *tag*

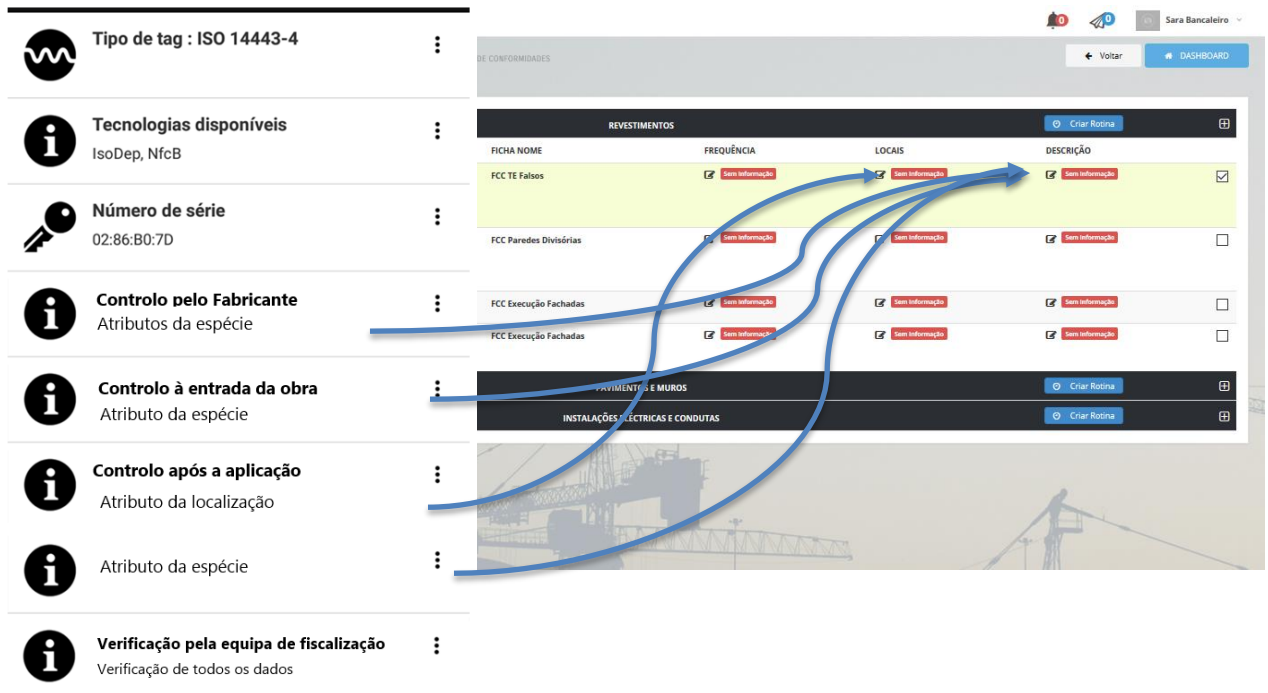


Figura 33 Automatização da introdução de informações referentes aos Locais e Descrição

Nesta fase é possível verificar o estado da tarefa, em valor percentual. A presente proposta sugere que seja associada uma percentagem a cada fase de controlo; isto é, atribuição de um peso percentual de execução a cada leitura efetuada numa *tag* que marque o início de cada fase de controlo de obra, descritos no capítulo 4, figura 35.

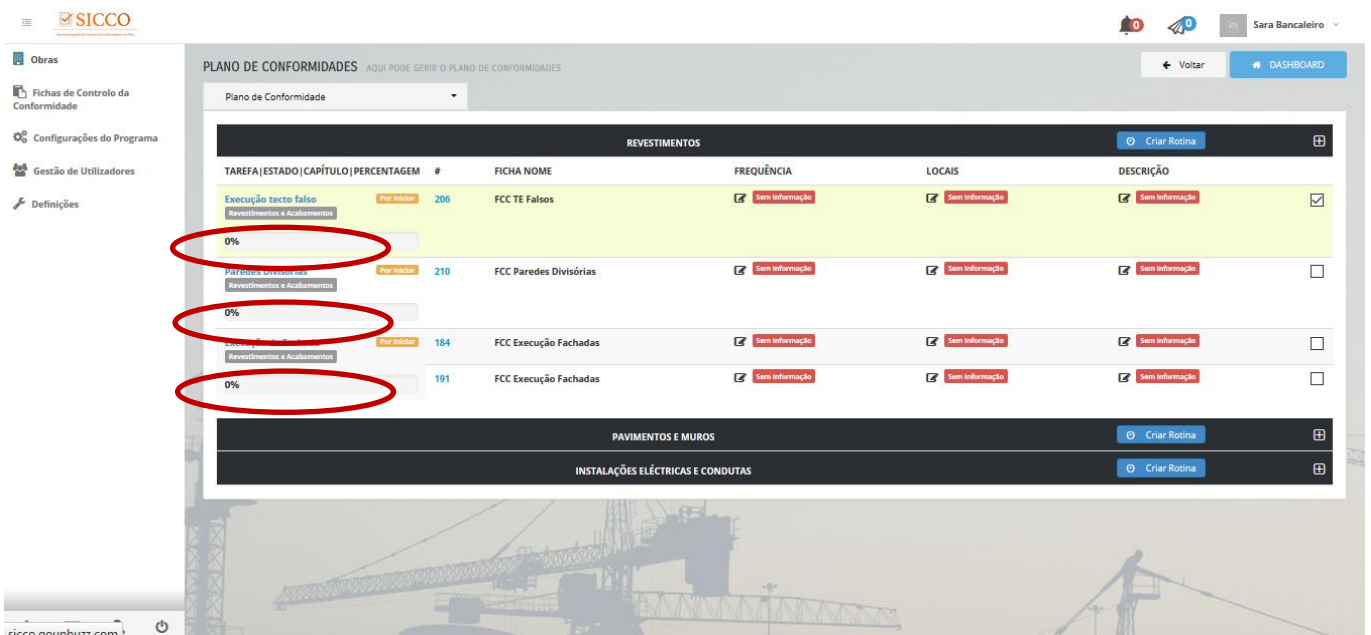


Figura 34 Atualização automática do estado da obra

5.2.1.4. “ROTINAS DE INSPEÇÃO”

É a partir desta fase que ocorre a Gestão do Controlo de Qualidade na sua íntegra. Em primeiro lugar, deve-se escolher a rotina que se pretende efetuar o controlo e, após a sua ativação, é possível aceder a todas as fichas correspondente à tarefa e proceder ao respetivo preenchimento, figura 36.

#	NOME	ESTADO	Nº FICHAS	UTILIZADORES	DATAS
53	17/5	Ativo	2		16-05-2017
54	4/5	Ativo	2		16-05-2017
55	17/5	Ativo	2		16-05-2017
56	8/5	Ativo	2		16-05-2017
57	9/5	Ativo	2		16-05-2017
58	8/5	Ativo	2		16-05-2017
59	17/5	Ativo	2		16-05-2017
60	17/5	Ativo	2		17-05-2017
61	25/5	Ativo	2		24-05-2017
62	25/5	Ativo	2		24-05-2017
63	1/6	Ativo	2		03-06-2017
64	2/6	Ativo	2		03-06-2017
45	Cobertura	Ativo	1		19-07-2017
65	execução teste falso	Ativo	1		23-07-2017
47	telhas	Ativo	1		23-07-2017
46		Ativo	1		

Figura 35 Ativação da Rotina de Inspeção e preenchimento de fichas– SICCO

Quando se acede ao preenchimento da FCC, o programa solicita o preenchimento do cabeçalho relativamente ao local onde a tarefa está a ser executada. Como acima mencionado, esta informação é preenchida de forma automática, no menu do “Plano de Conformidade”, de acordo com o local inscrito na *tag* aplicada no material ou componente construtivo. Atualmente, o preenchimento da ficha de controlo de conformidade, figura 37, é feita de forma manual.

FICHA GERAL EXEMPLO

OBRA: _____

CLIENTE: _____

EMPREENHEIRO: _____

TAREFA: _____

FISCALIZAÇÃO: _____

LOCAIS / ELEMENTOS: _____

PRÉ DEFINIÇÃO: Escalher Pré Definido

DOCUMENTOS DE SUPORTE: _____

AVULGAÇÃO DOS PONTOS DE CONTROLO

VERIFICAÇÃO MATERIAL					
#	PONTO DE CONTROLO	QUANTIDADE	CARACTERÍSTICA	OBSERVAÇÕES	
2	Verificação dos perfis e elementos suspensão				Registo
1	Verificação Painéis, espessuras e tipo				Registo

VERIFICAÇÃO TECNOLÓGICAS					
#	PONTO DE CONTROLO	MEIO CONTROLO	PARÂMETRO	REGISTO	OBSERVAÇÕES
1	Análise do traçado da rede elétrica para não existir conflito com a estrutura metálica de suporte	Visual	S/N		Registo
2	Verificar a correta fixação da estrutura metálica as madres	Visual	S/N		Registo
3	Verificar a fixação dos painéis a estrutura metálica de suporte	Visual	S/N		Registo
4	Verificar a horizontalidade dos painéis fixados	Visual	S/N		Registo

FOTOGRAFIAS:

Figura 36 Ficha de controlo de conformidade - SICCO

É nesta fase que se foca o objetivo principal desta dissertação. As referências à “Quantidade” e “Características” associadas ao grupo da verificação do material, pode recolher automaticamente estes requisitos que constam no mapa de tarefas e quantidades, introduzidos no menu do “Plano de Trabalhos”. Uma vez que uma *tag* permite a leitura e a introdução de informação, desta forma, relativamente às observações, podem ser retiradas as observações introduzidas na *tag* RFID, tanto pelo fornecedor como pelo empreiteiro, nas respetivas fases de controlo, figura 38. Quando uma tarefa tem associada uma *tag* RFID, sugere-se que a, partir do momento em que é feita uma leitura do RFID o “Meio de controlo” assuma de forma automática que o controlo é efetuado com recurso ao RFID. Caso a tarefa não tenha nenhuma referência a um sistema de identificação automática, então a aplicação assume automaticamente que o controlo é visual.

Plano de Trabalho

Ref	Descrição	Un	Quant	Preço Unitário	Referência Técnica	P.O.	Total	Controlo de Gestão da Qualidade					
								Entidade Executante	Estado	Data Prevista	Data de Início	Data de Conclusão	%
5.2	Fornecimento e aplicação de porta pivotante em vidro com tracção em aço segundo tipo JNF, incluindo: fchadores de pavimento para a porta JNF W 91150, molé de pavimento 21.600, parafusos Ø 10 x 200 14.200 (1 m por porta), com os seus jantes dimensões: Porta	vg	2,00										

VERIFICAÇÃO MATERIAL

#	PONTO DE CONTROLO	QUANTIDADE	CARACTERÍSTICA	OBSERVAÇÕES
2	Verificação dos perfis e elementos suspensos			Registro
1	Verificação Painéis, espessuras e tipo			Registro

VERIFICAÇÃO TECNOLÓGICA

#	PONTO DE CONTROLO	MÉTODO DE CONTROLO	PARÂMETRO	REGISTO	OBSERVAÇÕES
1	Análise do traçado da rede eléctrica para não existir conflito com a estrutura metálica de suporte	Visual	S/N		Registro
2	Verificar a correcta fixação de estrutura metálica as madeiras	Visual	S/N		Registro
3	Verificar a fixação dos painéis à estrutura metálica de suporte	Visual	S/N		Registro
4	Verificar a horizontalidade dos painéis fixados	Visual	S/N		Registro

Figura 37 Introdução automática da quantidade de um material, características e das observações

Esta dissertação baseia-se no controlo de conformidade automatizado, com recurso ao sistema de identificação automática RFID. Como tal, o “Registo” e a definição de “Não Conforme”, “Conforme com Condicionantes”, “Pendente”; “Conforme com imperfeição”, “Conforme” ou “Não Aplicável” também é efetuado automaticamente, consoante a correspondência da informação que consta na *tag* RFID com as especificações estipuladas no mapa de tarefas e quantidades.

Em todos os campos de verificação, se os atributos inscritos na *tag* corresponderem na totalidade aos que constam no mapa de tarefas e quantidades ou no campo das “*Características*”, então a tarefa está conforme e é assinalado por uma sinalização verde, tal como exemplifica a figura 39 a), é essa a possível aparência do painel.

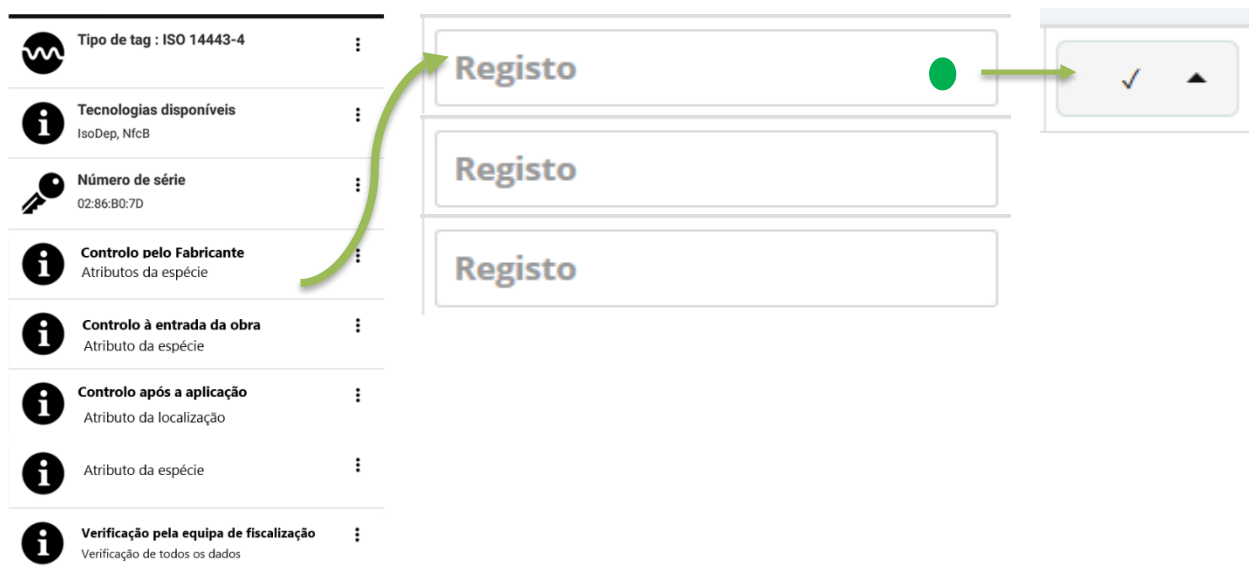


Figura 38a) Exemplo de Controlo de Conformidade Automatizado - Tarefa Conforme

Nos casos em que os atributos cumpram apenas parcialmente os requisitos solicitados no mapa de tarefas e quantidades pode ser atribuído a classificação de “Conforme com Condicionantes, quando a tarefa necessita de alguns arranjos, figura 39 b) ou “Conforme com imperfeição”, em situações que, apesar de existirem pormenores que até ao momento do controlo não foram executados conforme o estabelecido no contrato, porém não influenciam na obra, pelo que não existe a necessidade de correção imediata, figura 39 c). A distinção entre as duas atribuições deve-se ao facto de se estabelecer uma percentagem de cumprimento dos requisitos exigidos. A este resultado é-lhe associado uma marcação amarela.

Logicamente, quando os atributos que constam numa *tag* não correspondem às características dos pontos de verificação do mapa de tarefas e quantidades, isto é, quando implicam retrabalhos extensos e dispendiosos então surge uma sinalização vermelha, figura 39 d).



Figura 39b) Exemplo de Controlo de Conformidade Automatizado - Tarefa Conforme com Condicionantes

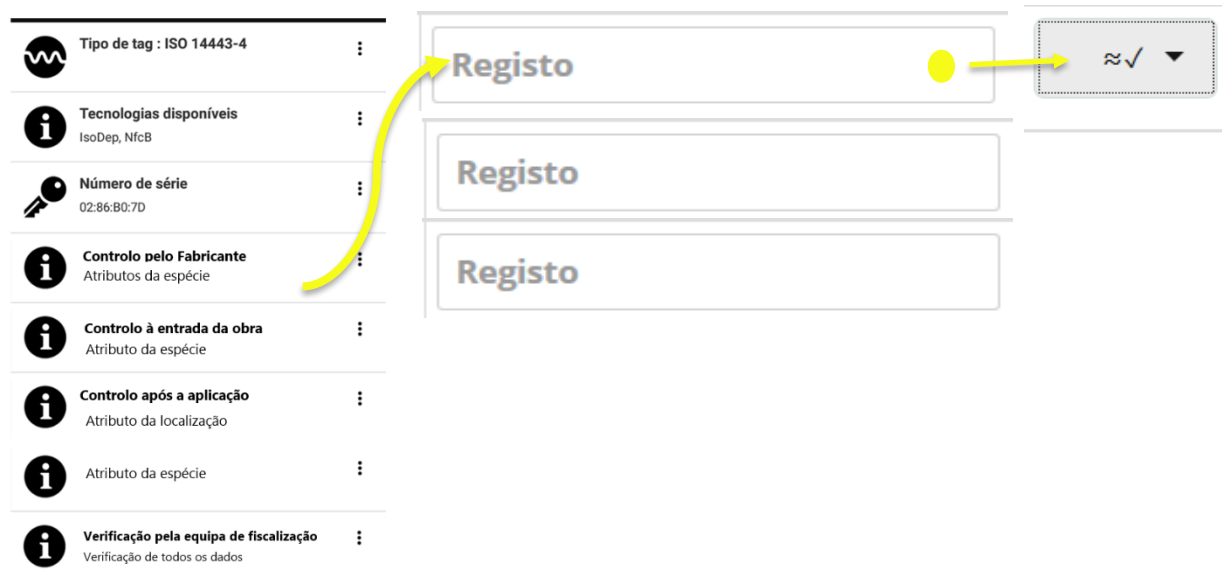


Figura 39c) Exemplo de Controlo de Conformidade Automatizado - Tarefa Conforme com imperfeição



Figura 39d) Exemplo de Controlo de Conformidade Automatizado – Não Conforme

A caracterização dos pontos de controlo pode ainda ser classificada como “*Pendente*”, depende da brevidade com que se executa a tarefa, pelo que esta pode prolongar-se no tempo, implicando que alguns pontos de controlo ainda não possam ser avaliados no momento do controlo. De forma similar até então, esta classificação pode apresentar uma cor distinta das restantes (o exemplo abaixo, considera o laranja), para que seja visualmente perceptível que a tarefa não se encontra conforme, tal como pretendido para se cumprir os requisitos de Qualidade, figura 39 e).



Figura 39e) Exemplo de Controlo de Conformidade Automatizado - Pendentes

5.2.1.5. “RESULTADOS”

No final da Gestão do Controlo de Qualidade, é possível observar o balanço final da obra com base nos resultados finais das FCC, figura 40. Desta forma, é possível verificar se o cumprimento do desempenho com que a obra foi executada, KPI's, que estão divididos em três medidores:

- KPI 1
- KPI 2
- KPI 3

O primeiro está relacionado com a eficácia da execução do trabalho, o segundo consiste na medição do índice crítico de não conformidade e por fim, o terceiro, mede a eficácia ponderada.

Com a automatização da informática, a obtenção deste resultado torna-se mais eficiente uma vez que a partilha de informação consiste na leitura de uma *tag* associada a um determinado material ou componente de construção.

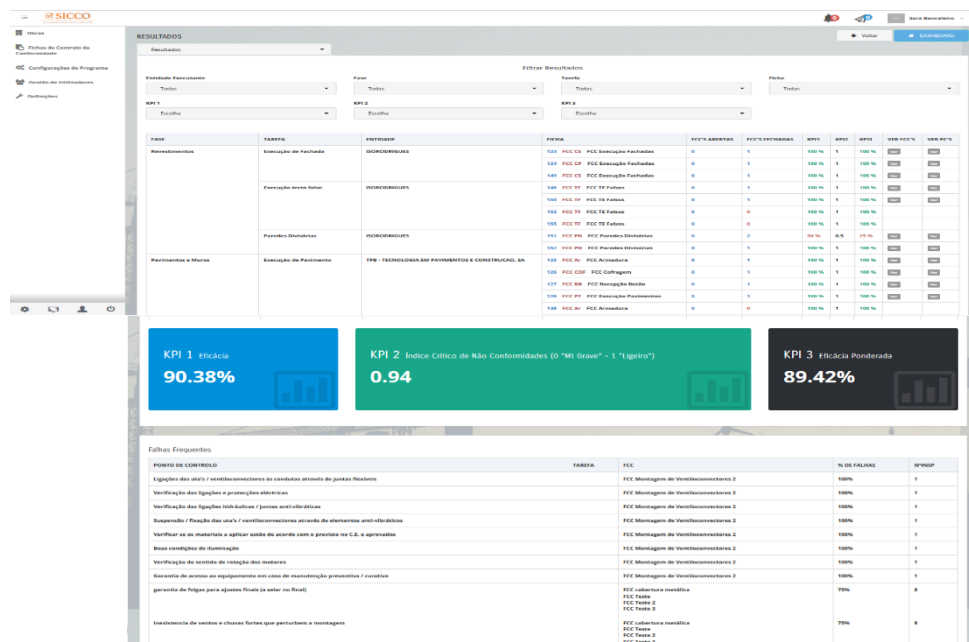


Figura 40 "Resultados" - SICCO

5.2.2. ANÁLISE SWOT

Após estabelecer uma comparação entre o modelo atual do programa e a possibilidade de implementação da proposta apresentada, é importante entender a natureza deste *software* no que toca à sua funcionalidade e ao meio em que se insere. Para se fazer essa avaliação, procede-se a uma análise SWOT ao programa, de maneira a perceber as suas qualidades, potencialidades, falhas que ainda possui, tendo em conta este programa ainda está em desenvolvimento, e o que pode desvalorizar a aplicação na ótica da engenharia civil. Como mencionado no capítulo 2, a análise SWOT foca-se em quatro pontos:

- Forças
- Fraquezas
- Oportunidades

- Ameaças



Figura 41 Análise SWOT

A análise em ambiente interno consiste na avaliação das lacunas e das qualidades que o programa atualmente possui. Relativamente à análise em ambiente externo, relativamente ao âmbito onde o programa é aplicado, a avaliação foca-se nas oportunidades e nas ameaças, figura 41.

5.2.2.1. FORÇAS

Este programa informático é muito vantajoso para o controlo de conformidade a praticar em obra. Facilita a partilha de informação acerca das ações dos intervenientes, diminui o volume de trabalho bem como o tempo que, tradicionalmente, se costuma dedicar a este controlo. A força que esta aplicação manifesta consiste em:

- Aceder à informação, inserida em tempo real, através de um aparelho móvel com ligação à internet;
- Organizar e catalogar a informação;
- Estabelecer um plano de conformidade com a frequência do controlo e os locais;
- Criar rotinas de inspeção;
- Preencher as fichas de controlo de conformidade em obra;
- Anexar fotografias ou documentos técnicos, às FCC e associa-las às tarefas a executar;
- Registrar as não conformidades;
- Acompanhar as não conformidades;
- Atribuir responsabilidades face às não conformidades;
- Melhorar os processos através de medidores de desempenho para as FCC, intervenientes e tarefas;
- Detetar falhas frequentes consequentes do controlo de conformidade.

Apesar do *software* ainda estar em desenvolvimento, já apresenta muitas funcionalidades potenciais que proporcionam o aumento da eficiência do controlo de conformidade e que este seja efetuado com recurso a meios informáticos.

5.2.2.2. FRAQUEZAS

Este *software* ainda tem de aprimorar algumas características. De seguida é apresentado alguns pontos representantes de algumas falhas no que diz respeito, essencialmente, à informação que lhe é introduzida:

- O *software* é pouco intuitivo para utilizadores inexperientes;
- Não possui nenhum campo onde possa ser introduzido o mapa de tarefas e quantidades para efetuar o controlo de Qualidade com base nas especificações contratuais;
- Apenas funciona com ligação à internet.

5.2.2.3. OPORTUNIDADES

É interessante introduzir novas funcionalidades ao programa que facilitam no controlo de conformidade, para que este atinja uma dimensão mais abrangente. A base da aplicação já está estruturada e com a introdução estratégica de novas potencialidades, o programa pode evoluir ainda mais e, certamente, que marcará a diferença em novos mercados. A lista seguinte enumera as principais oportunidades que esta aplicação pode explorar, sendo a maior parte delas com base no ponto central desta tese:

- Efetuar controlo dos ativos com recurso à tecnologia RFID;
- Aprovar os materiais quando são rececionados em obra;
- Optar pelo tipo de gestão de controlo de Qualidade, manual ou automático, sendo o último com recurso à tecnologia RFID;
- Automatizar a informação com base nos dados que constam numa *tag* RFID;
- Avaliação automática da conformidade ou não conformidade da tarefa com base na correspondência automática da informação lida numa *tag* RFID com a informação descrita no programa;
- Registar identificação do interveniente e data em que efetuou o controlo de Qualidade com utilizando o sistema RFID;
- Internacionalização do produto;
- Utilizar assinatura digital para validação de documentos.

5.2.2.4. AMEAÇAS

A resistência do setor da construção face às tecnologias é um facto notório. Os profissionais do setor ainda são muito conservadores a metodologias e ferramentas que vão além do tradicionalmente praticado, olhando para estas oportunidades com alguma desconfiança, o que impede a evolução nesta indústria. Outro fator consiste na competição que existe no mercado, não só na construção como no meio das novas tecnologias, onde cada vez mais regularmente surgem aplicações cada vez mais atualizadas. As principais ameaças deste programa são:

- Resistência do sector;
- Criação de novos programas da mesma natureza
- Necessidade de constante atualização do programa, de forma a acompanhar a evolução do setor e corresponder às necessidades do cliente.

5.2.2.5. MATRIZ SWOT

A figura 42 sintetiza todas as características mencionadas referentes a cada uma das avaliações da análise SWOT à aplicação informática, apresenta-se a matriz correspondente.



Figura 42 Matriz SWOT preenchida

O setor da construção é muito vasto e carece de inovação, o que torna muito amplo o alcance do programa. Estes dois fatores podem proporcionar um cumprimento das exigências do controlo de Qualidade. Com o devido acompanhamento do programa com a evolução do setor, ao longo do tempo, a aplicação tem potencial de passar de um protótipo a uma ferramenta no mercado útil para a gestão do controlo de Qualidade.

6

CONCLUSÃO

6.1. CUMPRIMENTO DE OBJETIVOS

O principal objetivo deste trabalho, tal como indicado no capítulo da introdução, consiste na apresentação de uma proposta para implementar partilha de informação automática e controlo de Qualidade dos ativos aplicados numa obra, recorrendo à tecnologia RFID.

Para apresentar esta proposta que contém vários conceitos, foi necessário repartir o trabalho para cumprir o objetivo final, a autora propôs-se a:

- Fazer uma pesquisa bibliográfica sobre as diversas temáticas abordadas neste trabalho;
- Perceber qual é o estado da arte relativamente à tecnologia RFID no setor da construção;
- Entender o funcionamento do *software* de carácter de controlo de conformidade, mais especificamente, o SICCO;
 - Analisar as lacunas do SICCO e face essas falhas perceber em que medida era possível automatizar a partilha de informação, recorrendo à tecnologia RFID;
 - Comparar o modelo de controlo de Qualidade atual e o modelo proposto;
 - Proceder a uma análise SWOT da aplicação informática.

A parte de enquadramento conceptual desta dissertação, deu para entender os procedimentos a aplicar para a realização de um processo estão cada vez mais exigentes devido ao aumento de requisitos de Qualidade a cumprir para atingir a satisfação do cliente. Para tal, as normas vão-se adaptando à nova realidade.

Com este trabalho conclui-se também, que um sistema de identificação automática por RFID tem potencialidade no controlo da Qualidade em obra e possui características interessantes no que diz respeito à relação custo/benefício. A implementação do sistema RFID pode vir a ser útil no controlo de Qualidade dos componentes de construção com recurso a um *software* de natureza do controlo de conformidade. A par da tecnologia RFID, os outros sistemas de identificação automáticos, como código de barras ou QRCode seriam inadequados devido às suas características físicas, tendo em conta a necessidade destes elementos estarem no exterior do componente, proporcionando a deterioração destes identificados, sendo suscetíveis de serem removidos ou danificados.

A tecnologia RFID, apesar de já se encontrar implementada no controlo de Qualidade noutras indústrias, nomeadamente a do automóvel, já existem países como o Canadá que recorrem a este sistema para gestão e direção de obra. O que demonstra que esta tecnologia tem um grande potencial de desenvolvimento em várias vertentes do setor da construção.

A dificuldade inicial na estratégia de implementação deste modelo, prendeu-se no facto de estabelecer que informações colocar nas *tags* RFID e que ativos apresentavam características que suportam este dispositivo, uma vez que a sua morfologia é variável ao longo do processo de construção, desde o seu fabrico até à sua aplicação em obra. Por exemplo, um material de acabamento (tintas, argamassas, etc.), na fase de fabrico é embalado e, a partir deste momento, a gestão é feita por unidade de veículo, controlo da localização, aquando da expedição da fábrica e quando é distribuído para os diversos locais (obras). Quando é aplicado em obra, é possível manipular a sua morfologia inicial. Para implementar efetuar o controlo de Qualidade, com recurso à tecnologia RFID, os gestores de Qualidade intervenientes da Gestão do Controlo de Qualidade em Obra precisam de ter um sistema

Desde a execução de um edifício até à sua utilização, o sistema de identificação por radiofrequência, combinada com outra aplicação, contribui para a automatização da informação, melhorando a eficiência dos trabalhos. Como os profissionais tem acesso à informação, em tempo real, é possível detetar os erros em tempo útil reduzindo assim, os custos a eles associados.

O sistema RFID apresenta algumas limitações para a gestão do controlo de Qualidade em obra. Essas desvantagens consistem primeiramente, na interferência na troca de informação que as *tags* apresentam na presença de componentes constituídos por metais ou betão, que são muito comuns na construção. Certamente que pode ser aplicado uma superfície adicional entre a *tag* e o componente, no entanto não diminui as dificuldades de leitura se estas estiverem cercadas por metais.

As *tags* NFC são as menos dispendiosas e não requerem nenhum leitor específico para o efeito, bastando apenas um *smartphone* com capacidade de ler este tipo de etiquetas. No entanto, devido à sua baixa frequência a leitura deve ser feita com uma distância máxima de 5 cm. São úteis nos pontos de controlo de fornecimento e de receção em obra. Contudo, quando o componente de construção é aplicado em obra, a leitura deste tipo de *tag* pode não ser alcançada caso o componente seja aplicado num local com uma acessibilidade limitada. Para controlo de Qualidade, o ideal é usar *tags* com uma frequência superior para se ter maior alcance de rastreio, embora seja necessário um equipamento especial para efetuar a leitura.

Para implementar o sistema RFID numa aplicação, é necessário padronizar uma estrutura de informação, para que o programa tenha a capacidade de corresponder a informação em cada ponto de controlo.

Neste trabalho não houve a oportunidade de se fazer uma prova de conceito e a respetiva aplicação prática, tendo em conta que, para esta implementação, seria necessário que o *software* estivesse preparado para estabelecer comunicação com um dispositivo RFID. O programa informático abordado nesta tese, o SICCO, ainda se encontra em desenvolvimento e tal possibilidade de implementar esta tecnologia requer um período de tempo superior ao período de execução desta dissertação.

6.2. DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

O uso desta tecnologia na área da gestão da Qualidade é ainda uma possibilidade, sendo que, para ser funcional necessita de estar associada a um programa informático compatível com esta tecnologia. Necessita de uma estrutura padrão para a introdução da informação e esta teria de ser normalizada.

Ao criar uma norma especialmente para a implementação da tecnologia RFID no setor da construção e que esta fosse reconhecida pela Organização Internacional de Normalização, existiria a possibilidade de que alguns ativos fossem fabricados com uma *tag* embutida e esta teria uma frequência de operação adequada para o controlo de Qualidade ou manutenção. Desta forma, os programas informáticos fossem preparados para poderem introduzir diretamente o elemento para a base de dados, efetuando apenas uma leitura da *tag*.

A deteção da localização dos diferentes componentes e equipamentos em obra, tanto a nível geográfico como em raio de alcance mais pequenos, é um ponto a estudar, uma vez que o cálculo da posição alcançada pelo sistema RFID não é muito preciso. Num determinado local de uma obra, como um quarto ou uma cozinha, neste momento é impossível detetar a localização exata de um dispositivo RFID num raio tão pequeno.

Se este sistema fosse normalizado, haveria a possibilidade de se formar uma base de dados onde constavam todas as informações necessárias acerca de um componente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] <https://targetqblog.wordpress.com/2015/09/>.
- [2] Calejo, R., *Apontamentos para a unidade curricular fiscalização de obras*. FEUP, 2003.
- [3] <https://pt.linkedin.com/pulse/o-anexo-sl-e-normas-de-sistema-gest%C3%A3o-da-iso-marangoni-paulo-cesar>.
- [4] António Cabaço, A.M., Jorge Lemos, José Pontes, *Manual Prático de Gestão da Construção - Um guia prático para construir com segurança e qualidade*. 2003.
- [5] Pereira, T.D., *Gestão de projeto e contratação de empreitadas de obras*. 2014, Coimbra: Imprensa da Universidade de Coimbra. 261.
- [6] Lee, J.H., et al., *Information lifecycle management with RFID for material control on construction sites*. Advanced Engineering Informatics, 2013. **27**(1): p. 108-119.
- [7] Sui Pheng, L. and G. Kok Hwa, *Construction Quality Assurance: Problems of Implementation at Infancy Stage in Singapore*. International Journal of Quality & Reliability Management, 1994. **11**(1): p. 22-37.
- [8] Arditi, D. and H.M. Gunaydin, *Total quality management in the construction process*. International Journal of Project Management, 1997. **15**(4): p. 235-243.
- [9] Eng, Q.E. and S.M. Yusof, *A survey of TQM practices in the Malaysian electrical and electronic industry*. Total Quality Management & Business Excellence, 2003. **14**(1): p. 63-77.
- [10] Jraisat, L., L. Jreisat, and C. Hattar, *Quality in construction management: an exploratory study*. International Journal of Quality & Reliability Management, 2016. **33**(7): p. 920-941.
- [11] Wanberg, J., et al., *Relationship between Construction Safety and Quality Performance*. Journal of Construction Engineering and Management, 2013. **139**(10): p. 04013003 (10 pp.)-04013003 (10 pp.).
- [12] Aichouni, M., Messaoudene, N.A., Al-Ghonamy, A. and Touahmia, M., *An empirical study of quality management systems in the Saudi construction industry*. International Journal of Construction Management, 2014. **14**(3): p. 181-190.
- [13] Zhang, L. and W. Fan, *Improving performance of construction projects: A project manager's emotional intelligence approach*. Engineering, Construction and Architectural Management, 2013. **20**(2): p. 195-207.
- [14] Rwelamila, P.D. and G.T. Wiseman, *CONCRETE QUALITY MANAGEMENT - A RESEARCH STUDY OF THE GENERAL CONTRACTOR IN SOUTH-AFRICA*. Construction and Building Materials, 1995. **9**(3): p. 173-183.
- [15] <http://www.sgs.pt/pt-PT/Health-Safety/Quality-Health-Safety-and-Environment/Quality/ISO-9001-2015-Revision.aspx>.
- [16] Cachadinha, N.M., *Implementing Quality Management Systems in Small and Medium Construction Companies: A Contribution to a Road Map for Success*. Leadership and Management in Engineering, 2009. **9**(1): p. 32-39.
- [17] *Decreto-lei 310/90, de 1 de Outubro*. 1990.

- [18] Harrington, H.J., F. Voehl, and H. Wiggin, *Applying TQM to the construction industry*. TQM Journal, 2012. **24**(4): p. 352-362.
- [19] Rabinovich, E. and P.T. Evers, *Enterprise-wide adoption patterns of inventory management practices and information systems*. Transportation Research Part E-Logistics and Transportation Review, 2002. **38**(6): p. 389-404.
- [20] Carravilla, M.A.d.S.L.d., *MRP material requirements planning Maria Antónia Carravilla*. 1998.
- [21] Stewart, R.A., S. Mohamed, and R. Daet, *Strategic implementation of IT/IS projects in construction: a case study*. Automation in Construction, 2002. **11**(6): p. 681-694.
- [22] Miozzo, M., et al., *Deriving an IT-enabled process strategy for construction*. Computers in Industry, 1998. **35**(1): p. 59-75.
- [23] Jung, Y.S. and G.E. Gibson, *Planning for computer integrated construction*. Journal of Computing in Civil Engineering, 1999. **13**(4): p. 217-225.
- [24] Peña-Mora, F., et al., *Information Technology Planning Framework for Large-Scale Projects*. Journal of Computing in Civil Engineering, 1999. **13**(4): p. 226-237.
- [25] un, L., *Research on pipe welding information management system based on RFID*. MATEC Web of Conferences, 2016. **44**: p. 02009 (6 pp.)-02009 (6 pp.).
- [26] Valero, E., A. Adan, and C. Cerrada, *Evolution of RFID applications in construction: a literature review*. Sensors, 2015. **15**(7): p. 15988-16008.
- [27] Weisheng, L., G.Q. Huang, and L. Heng, *Scenarios for applying RFID technology in construction project management*. Automation in Construction, 2011. **20**(2): p. 101-106.
- [28] Jaselskis, E.J., et al., *Radio-Frequency Identification Applications in Construction Industry*. Journal of Construction Engineering and Management, 1995. **121**(2): p. 189-196.
- [29] Won-Suk, J. and M.J. Skibniewski, *Embedded system for construction asset tracking combining radio and ultrasound signals*. Journal of Computing in Civil Engineering, 2009. **23**(4): p. 221-229.
- [30] Goodrum, P.M., M.A. McLaren, and A. Durfee, *The application of active radio frequency identification technology for tool tracking on construction job sites*. Automation in Construction, 2006. **15**(3): p. 292-302.
- [31] Dziadak, K., B. Kumar, and J. Sommerville, *Model for the 3D Location of Buried Assets Based on RFID Technology*. Journal of Computing in Civil Engineering, 2009. **23**(3): p. 148-159.
- [32] Domdouzis, K., B. Kumar, and C. Anumba, *Radio-frequency identification (RFID) applications: A brief introduction*. Advanced Engineering Informatics, 2007. **21**(4): p. 350-355.
- [33] Yin, S.Y.L., et al., *Developing a precast production management system using RFID technology*. Automation in Construction, 2009. **18**(5): p. 677-691.
- [34] Lung-Chuang, W., *Enhancing construction quality inspection and management using RFID technology*. Automation in Construction, 2008. **17**(4): p. 467-479.
- [35] Chin, S., et al., *RFID+4D CAD for Progress Management of Structural Steel Works in High-Rise Buildings*. Journal of Computing in Civil Engineering, 2008. **22**(2): p. 74-89.
- [36] Bessa, R., *Desenvolvimento e Implementação de um Sistema de Controlo da Conformidade numa Aplicação Web*. Dissertação de Mestrado, FEUP, 2016.